

Міністерство освіти і науки України  
Комісія з екології, охорони навколишнього середовища  
та збалансованого природокористування  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Одеський державний екологічний університет

**В. Ю. Некос, А. Н. Некос, Т. А. Сафранов**

# **ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ ТА НЕОЕКОЛОГІЯ**

Підручник

Затверджено Міністерством освіти та науки України

Харків – 2010

УДК 504+502](075.8)

ББК 28.080я73

Н 47

**Рецензенти:**

доктор геогр. наук, профессор, директор УкрНДІ екологічних проблем **Гриценко А. В.**;  
доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього  
середовища національного університету «Львівська політехніка» **Мальований М. С.**;  
доктор геогр. наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії та  
природокористування Одеського національного університету імені І. І. Мечнікова  
**Шуйський Ю. Д.**

**Науково-консультативна  
редакційна колегія  
навчально-наукової серії  
«Бібліотека еколога»**

Д. с.-г. н. Балюк С. А.;  
д. е. н. Дорогунцов С. І.;  
д. б. н. Крайнюкова А. М.;  
к. іст. н. Левківський К. М.;  
д. г. н. Некос В. Ю.;

д. г.-м. н. Сафранов Т. А.;  
д. ф.-м. н. Степаненко С. М.;  
к. ф.-м. н. Степко М. Ф.;  
Тимошенко Н. І.;  
д. е. н. Шевчук В. Я.

**Редакційна колегія  
навчально-наукової серії  
«Бібліотека еколога»**

Проф. Бондарь О. І.;  
Баскакова Л. В. (секретар);  
проф. Данилишин Б. М.;  
проф. Кисельов М. М.;  
проф. Кліменко М. О.;  
проф. Макаренко Н. А.;  
проф. Некос В. Ю. співголова;

проф. Панасенко А. І.;  
проф. Сафранов Т. А.  
(відповідальний редактор);  
проф. Степаненко С. М.  
(співголова);  
проф. Соколов Ю.М.

*Затверджено Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів  
(Лист № 1.4/18–Г–170 від 24.01.2007)*

Н 47

**Некос В. Ю.**

Загальна екологія та неоекологія : підручник для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / В. Ю. Некос, А. Н. Некос. Т. А. Сафранов,– Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 588 с.

ISBN 978-966-623-670-1

Підручник містить матеріали нормативної навчальної дисципліни «Загальна екологія та неоекологія», яка є базовою для вивчення інших навчальних дисциплін («Економіка природокористування», «Екологічна експертиза», «Моніторинг довкілля», «Техноекоекологія», «Екологічна безпека», «Екологія міських систем», «Нормування антропогенного навантаження на природне середовище», «Безпека життєдіяльності», «Основи охорони праці») для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Підручник може бути використаний студентами педагогічних університетів, вищих технічних навчальних закладів, хімічних факультетів аграрних університетів та академій, а також широким колом викладачів і вчителів вищої і загальноосвітньої школи.

УДК 504+502](075.8)

ББК 28.080я73

ISBN 978-966-623-670-1

© Харківський національний університет  
імені В. Н. Каразіна, 2010

© Одеський державний екологічний  
університет, 2010

© Некос В. Ю., Сафранов Т. А., Некос А. Н., 2010

© Літвінова О. О., макет обкладинки, 2010

© Дончик І. М., логотип знаку  
«Бібліотека еколога», 2010

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
<b>ЧАСТИНА І. ТРАДИЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ.....</b>	<b>8</b>
<b>Модуль 1.</b> Навколишнє середовище – арена формування та функціонування широкого спектра екологічних явищ і процесів.....	8
<b>Програмні матеріали до модуля 1.....</b>	<b>8</b>
Вступ.....	8
Нормативні навчальні елементи до модуля 1.....	13
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 1.....	15
Література до модуля 1.....	18
<b>Навчальні матеріали до модуля 1.....</b>	<b>21</b>
1.1 Основні вибіркові поняття та терміни традиційної екології.....	21
1.2 Визначальні екологічні явища, процеси.....	42
1.3 Геосфери Землі – першоджерело формування екологозначущих явищ і процесів.....	71
1.4 Екологічні умови, фактори, ресурси.....	90
Допоміжний словник.....	103
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 1.....</i>	<i>104</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 1.....</i>	<i>108</i>
<b>Модуль 2.</b> Взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем .....	113
<b>Програмні матеріали до модуля 2.....</b>	<b>113</b>
Вступ.....	113
Нормативні навчальні елементи до модуля 2.....	113
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 2.....	115
Література до модуля 2.....	118
<b>Навчальні матеріали до модуля 2.....</b>	<b>119</b>
2.1 Організми, популяції, угруповання. Різноманітність функціонування та взаємодії.....	119
2.2 Закони і закономірності взаємовідносин організмів з навколишнім середовищем.....	144
Допоміжний словник.....	154
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 2.....</i>	<i>155</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 2.....</i>	<i>158</i>
<b>Модуль 3.</b> Взаємовідносини організмів між собою.....	162

<b>Програмні матеріали до модуля 3.....</b>	<b>162</b>
Нормативні навчальні елементи до модуля 3.....	162
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 3.....	163
Література до модуля 3.....	165
<b>Навчальні матеріали до модуля 3.....</b>	<b>167</b>
3.1 Життєвий цикл організмів.....	167
3.2 Закони і закономірності взаємовідносин організмів.....	174
Допоміжний словник .....	193
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 3.....</i>	<i>194</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 3.....</i>	<i>198</i>
<b>ЧАСТИНА II. НЕОЕКОЛОГІЯ</b>	<b>202</b>
<b>Модуль 4. Теоретичні і практичні основи     неоекології.....</b>	<b>202</b>
<b>Програмні матеріали до модуля 4.....</b>	<b>202</b>
Вступ.....	202
Нормативні навчальні елементи до модуля 4.....	203
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 4.....	208
Література до модуля 4.....	211
<b>Навчальні матеріали до модуля 4.....</b>	<b>215</b>
4.1 Концептуальні основи неоекології.....	215
4.2 Основні вибіркові поняття і терміни неоекології...	229
4.3 Навколишнє середовище – арена виникнення і функціонування нових екологічно небезпечних явищ і процесів.....	274
4.4 Основні екологічні закони, закономірності, правила і принципи.....	307
4.5 Основні неоекологічні проблеми України і світу.....	319
Допоміжний словник .....	404
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 4.....</i>	<i>406</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 4.....</i>	<i>412</i>
<b>Модуль 5. Екологічний менеджмент – запорука     ефективного використання та збереження     природних ресурсів.....</b>	<b>418</b>
<b>Програмні матеріали до модуля 5.....</b>	<b>418</b>
Нормативні навчальні елементи до модуля 5.....	418
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 5.....	419



Література до модуля 5.....	421
<b>Навчальні матеріали до модуля 5.....</b>	<b>424</b>
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 5.....</i>	<i>458</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 5.....</i>	<i>462</i>
<b>Модуль 6. Збалансоване природокористування – безальтернативний підхід екологічно безпечного існування (екологічні основи збалансованого природокористування).....</b>	<b>466</b>
<b>Програмні матеріали до модуля 6.....</b>	<b>466</b>
Нормативні навчальні елементи до модуля 6.....	466
Знання, уміння, навички за матеріалами модуля 6.....	468
Література до модуля 6.....	469
<b>Навчальні матеріали до модуля 6.....</b>	<b>473</b>
6.1 Основні вибіркові поняття і терміни.....	473
6.2 Характеристика природних ресурсів і можливостей їх використання .....	488
6.3 Управління в системі збалансованого природокористування .....	521
<i>Усний контроль – колоквіум до модуля 6.....</i>	<i>545</i>
<i>Письмовий тест – контроль до модуля 6.....</i>	<i>549</i>
Післямова.....	553

## ПЕРЕДМОВА

За останні роки як в Україні, так і за її межами, потік екологічних посібників, підручників та іншої навчальної літератури суттєво зріс. Але недолік, який існував раніше, залишається і зараз. «Основи загальної екології (та неоекології)» є нормативною навчальною дисципліною і, відповідно, має затверджену навчальну програму з чітко визначеною кількістю навчальних елементів, обсягом студентської наукової роботи і т. ін. На жаль, жодного підручника, який би відповідав вимогам програми, у нашій країні не існує. Натомість є велика кількість навчальної літератури, важливої і цікавої з багатьох точок зору, яка віддзеркалює різні погляди окремих авторів, але вони є лише певним додатковим інформативним матеріалом.

Великий педагогічний досвід авторів упевнено засвідчує, що в Україні, де функціонує дійсно демократичний підхід до освітньої діяльності, завдяки якому студент має можливість без перешкод продовжити навчання за своєю спеціальністю в будь-якому ВНЗ України, вкрай необхідно дотримуватися відповідних нормативів. Невиконання цих умов зводить нанівець задекларовану свободу переміщення студентів, вибір певних наукових шкіл і т. ін. Недотримання встановлених нормативів, без сумніву, викличе необхідність перездачі кожної навчальної дисципліни, оскільки вона в кожному ВНЗ може викладатися за іншою програмою відповідно до індивідуальних поглядів того, хто цю навчальну дисципліну викладає, саме через призму його поглядів. Це і є той недолік, за який повинні розраховуватися студенти. Автори глибоко впевнені, що механізми навчання, певна додаткова нова інформація і т. ін. має право на існування, але за умови повного викладання та засвоєння нормативних матеріалів. Зрозуміло, що досвідчений викладач може з успіхом поєднувати нормативний та ненормативний матеріали, акцентуючи увагу на тому, що додатковий матеріал не буде контролюватися. Таким чином, зберігаються вимоги до обсягу інформації, яка підлягає засвоєнню.

Даний підручник, з одного боку, є третім перевиданням «Основ загальної екології та неоекології» в 2-х частинах В. Ю. Некоса,

адже збережено основний текст праці, а з іншого – він доповнений та перероблений відповідно до згаданих вище вимог та зміни назви напрямку підготовки, який, нагадаємо, звучить тепер таким чином: «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Це обумовило і розширення авторського колективу, які в цьому плані є одностудентами.

У зв'язку з цим, перший розділ підручника присвячений традиційній екології, другий – неоекології, а третій, додатковий, – збалансованому природокористуванню.

Підручник «Загальна екологія та неоекологія» є продовженням навчально-наукової серії «Бібліотека еколога», затвердженої Науково-методичною комісією з екології НМЦ Міністерства освіти і науки України. Як видно з основних складових підручника, він є інноваційним – чітка, відпрацьована модульна структура підручника з програмними та навчальними матеріалами, конкретно визначеним кількісним переліком нормативних навчальних елементів, прикладами усних контроль-коловіумів та письмових тест-контролів за кожним модулем. Інноваційним підручник є також з точки зору викладання матеріалу. Відхід від традиційного викладання матеріалу в існуючих підручниках України додає творчого потенціалу як викладачу так і студентові, надає можливості застосовувати нові партнерські відносини між викладачем та студентом у навчальному процесі. Звичайно, у зв'язку з цим підручник можливо не позбавлений недоліків, оскільки є першою спробою створення навчальної літератури нового покоління. Тому автори будуть вдячні за зауваження та визначення шляхів покращення запропонованого видання.

Автори вдячні усім, хто допомагав при підготовці видання цього підручника: ст. наук. співроб. Баскаковій Л. В., асп. Молодан Я. Є. та іншим.

## Частина 1. ТРАДИЦІЙНА ЕКОЛОГІЯ

### МОДУЛЬ 1. НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ – АРЕНА ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЕКОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ

Програмні матеріали до модуля 1

#### *Вступ*

Поняття «Загальна екологія» на сучасному етапі має інший зміст, ніж той, який був притаманний цьому поняттю в першій половині ХХ сторіччя. Це не означає, що воно втратило своє первинне значення. Навпаки – воно стало суттєво збагаченим, отримало багато відтінків, спрямувань, течій. Звичайно, має право на існування й інший підхід, відповідно до якого все нове повинно оформлюватися в самостійні наукові дисципліни, що найчастіше так і відбувається. За цим стоїть бажання дослідників зробити свій внесок у становлення нової науки чи спрямування.

Але існує і інший бік цієї проблеми. Різниця між класичним (традиційним) і сучасним визначенням поняття “екологія” пов’язана, перш за все, з тим, що намітився об’єкт, методи і понятійний апарат самої науки. Тому, не зазіхаючи на пріоритет Геккеля Е. і наслідуючи усі традиції традиційної (класичної) екології, **сучасну екологію доцільно називати “неоекологією”** – новою екологією. Це повністю відповідало б тому, що відбувається у світовій науці, і в той же час ліквідувало б значну кількість протиріч.

Відповідно до іншого погляду, який не суттєво відрізняється від наведеного, назва “традиційна екологія” зберігається за біоекологією, а сучасні підходи вимагають суттєвого реформування поняття «екологія», наповнюючи його іншим змістом.

Навряд чи доцільно вважати коректним твердження, подібні до того, що, наприклад, землезнавство вивчає глобальні екологічні проблеми. Не доцільно втискувати в інші рамки уже сформовану науку, а тим більше надавати їй інший зміст. На наш погляд, будь-яка наукова дисципліна повинна збагачуватися, укріплюватися доповнюючись новими результатами, паралельно

створюючи нові напрямки, але обов'язково зберігаючи «коріння і стовбур дерева».

Виходячи з цього, дисципліна «Загальна екологія та неоекологія» повинна поєднувати в собі як класичні, так і новітні підходи та знання, а також бути основою для розвитку всіляких уже існуючих наукових напрямків. Без фундаментальної бази, як без коріння, ніщо не може зростати і органічно розвиватися. Отже, вивчення традиційної екології повинне узгоджуватися з питаннями глобальної екології, тобто з тим, що обумовлює екологію планети Земля.

**Глобальна екологія** – розділ екології, що вивчає просторово-часові явища, процеси, умови, фактори, ресурси і т. ін., які охоплюють (функціонують) на надвеликих територіях.

**Неоекологія** (сучасна екологія) – галузь знань, присвячена вивченню екологічних проблем, не властивих класичній екології, побудованих на міждисциплінарних, а не тільки біологічних знаннях, що охопили всі сфери життєдіяльності до найдосконаліших життєвих форм, в нерозривному їх зв'язку не тільки з абіотичним середовищем, але і з соціальним та іншими.

Процес формування знань традиційної (геккелівської) екології становить фундаментальну основу розуміння екологічно грамотного вирішення злободенних питань сучасної екології (неоекології). Шлях від загального до часткового (окремого), на наш погляд, є найбільш вірним. Таким чином, дисципліна «Загальна екологія та неоекологія» складається з декількох великих, відносно самостійних, але тісно пов'язаних між собою частин – модулів: глобальні питання екології, традиційна екологія й сучасна, або нова екологія (неоекологія) з відповідними підрозділами.

Вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях, отриманих при засвоєнні таких фундаментальних дисциплін, як хімія, біологія,

геологія, геоморфологія, метеорологія і кліматологія, гідрологія, ґрунтознавство, вступ до фаху за напрямом підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» й інших. Початкові основи дисципліни загальної екології закладені в програмі навчальної дисципліни «Вступ до фаху», завдяки чому студент уже має знання з історії науки, а також володіє основними поняттями та термінами. Поступово ускладнюючись, вони актуалізуються і планомірно розширюються як у цій, так і у більшості інших навчальних дисциплін, які вивчаються при одержанні спеціальності. У той же час навчальна дисципліна «Загальна екологія та неоекологія» є базовою для значної кількості фахових спеціальних дисциплін «Економіка природокористування», «Екологічна експертиза», «Організація і управління в екологічній діяльності» та ін.

У зв'язку із зазначеним вище, очевидно, що мета вивчення дисципліни – формування знань, умінь і навичок стосовно основних законів, закономірностей, правил і принципів взаємодії живої речовини з навколишнім середовищем і взаємодії між організмами на глобальному, регіональному та локальному рівнях, а також чітке уявлення стосовно причин і механізмів зміни стану навколишнього середовища під впливом людини.

#### *Задачі навчальної дисципліни*

1. Знати закони, закономірності, правила й принципи взаємодії між організмами, популяціями й угрупованнями з навколишнім середовищем.

2. Сформувати розуміння дії екологічних законів на всіх ієрархічних рівнях.

3. На базі знання екологічних законів і закономірностей уміти знаходити причини й механізми дії забруднюючих речовин на живу речовину.

4. Уміння знаходити принципи оптимального співіснування людини й природи.

5. На основі міждисциплінарних знань виховати у майбутнього фахівця здатність і уміння служити провідником принципів екологічно безпечної життєдіяльності.

Студент повинен докладно ознайомитись із навчальним планом і програмою, орієнтуватися у науковій і методичній літературі з навчального курсу.

Головними формами організації вивчення цієї дисципліни є, насамперед, самостійна робота над літературою з навчальної дисципліни, а також лекції, лабораторні роботи й навчальна практика.

Аудиторні заняття передбачають як традиційні програмні лекції, так і проблемні лекції, лекції-бесіди, лекції-диспути, усні контроль-колоквиуми, а також консультативні заняття.

Основними формами контролю засвоєння знань є тестовий письмовий контроль та усний контроль-колоквиум на основі яких визначається рейтинг студента. Зазначений контроль може поєднуватися з іншими формами.

**Основною особливістю** засвоєння даної дисципліни є необхідність самостійного вивчення не менш ніж 50 % її обсягу.

Ця вимога існує в навчальному процесі й виконується вже близько 20 років, тобто із самого початку підготовки фахівців-екологів у Харківському університеті. Надзвичайно важливо, що такий підхід зараз висувається як загальна вимога для всієї системи вищої освіти України.

Другою особливістю дисципліни є модульна система вивчення та відповідне використання тестового контролю (письмового тесту та усного контроль-колоквиуму) за графіком студентів, що забезпечує постійну безперервну роботу з навчальними матеріалами.

Третя особливість спрямована, по-перше, на забезпечення полегшення опанування матеріалу; по-друге – на досягнення максимально можливого ефекту формування знань з навчальної дисципліни. З цією метою використовується наступний механізм подачі й засвоєння матеріалу студентами: програмна лекція – проблемна лекція – усний контроль-колоквиум – консультативне заняття – письмовий тест-контроль за модулем(ями) – аналіз тесту.

**Програмна лекція** є об'єктивною необхідністю, що обумовлена сформульованою вище першою особливістю, тобто необхідністю самостійного засвоєння 50 % обсягу дисципліни.

Кожен пункт і питання програмної лекції повинні обов'язково бути присутніми у тесті та на контроль-колоквиумі.

Зі сказаного вище очевидно, що погляд авторів на сутність проблемної лекції дещо відрізняється від поглядів інших учених

**Програмна лекція** – це повний перелік питань, що підлягають вивченню студентами. Це керівництво для визначення необхідного обсягу знань, що гарантує як відмінні відповіді на усному контролі, так і успішне написання тесту.

**Проблемна лекція (навчальні матеріали)** – спрямована на викладення найбільш важливих і складних питань модуля та в цілому охоплює не менш 50 % усього матеріалу.

**Проблема**, відповідно до філософського визначення, – це складне теоретичне або практичне питання, що вимагає вивчення, вирішення, дослідження. Це різновид питання, відповідь на яке відсутня у накопиченому знанні, а тому потребує відповідних дій для отримання нових знань.

(Махмутова М. І., 1975, Матюшкіна А. М., 1972; Волчегурського Л. А., 1976; Ільїної Т. А., 1976; Вергасова В. М., 1985 та ін.).

Саме це і є головним, а шляхи досягнення – справа мінлива, індивідуальна, така, що потребує безперервного вдосконалення. Як, наприклад, можна погодитися з тим, що проблемна ситуація потребує сполучення відповідних умов та обставин, а проблемне питання в цьому не має потреби.

**Проблемна ситуація** – це стан інтелектуального ускладнення. В процесі аналізу проблемної ситуації визначається конкретна проблема, яка викликала ускладнення.



Але у філософському визначенні проблема – це складне питання, а не ситуація.

Проте, де доцільно, у підручнику зберігаються **основні вимоги щодо проблемної ситуації**: протиріччя інформації, орієнтованість на максимальну самостійність і пізнавальну активність студента, поява в процесі подолання протиріч необхідності аналізу нових ситуацій, що пов'язані з розглянутими, і т. ін. У той же час немає потреби у створенні зайвих труднощів у вирішенні проблеми, як вважає Вергасов В. М. (1985). У навчальному процесі проблема може бути викладена у формі проблемного питання, у змісті якого закладені потенційні можливості для виникнення проблемних ситуацій.

Отже, проблемна лекція – це не тільки всебічне висвітлення будь-якої проблеми, але й допомога у її розв'язанні, саме допомога, а не алгоритм вирішення. Характерною ознакою проблемного підходу є самостійна пізнавальна діяльність студента.

Консультативне заняття надає можливість студенту поставити питання викладачеві як з проблемних лекцій, так і з самостійно опанованих питань (за спеціальною літературою) і остаточно підготуватися спочатку до усного контроль-коловіуму, а потім до письмового тест-контролю, що є завершальним етапом опанування матеріалу певного блоку знань.

## **НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО МОДУЛЯ 1**

### **Основні**

1. Екологія.
2. Екологія традиційна (класична, геккелівська).
3. Неоекологія (сучасна екологія), структура дисципліни.
4. Глобальна екологія.
5. Програмна лекція.
6. Проблемна лекція.
7. Проблема.
8. Проблемна ситуація.
9. Аутоекотологія.
10. Демекотологія.
11. Синекотологія.

12. Біоценоз.
13. Біогеоценоз.
14. Екологічна піраміда (піраміда біомас).
15. Трофічні ланцюги (ланцюги харчування).
16. Продуценти.
17. Консументи.
18. Редуценти.
19. Технічні системи.
20. Біосфера, її структура.
21. Геосфери Землі.
22. Живі організми.
23. Енергетична піраміда.
24. Автотрофні організми.
25. Популяційний підхід.
26. Екологічна ніша.
27. Біологічний кругообіг речовин.
28. Велике біосферне коло біотичного обміну.
29. Коефіцієнт екологічної ефективності.
30. Метаболізм, метаболіт.
31. Фотосинтез.
32. Кругообіг води.
33. Транспірація.
34. Кругообіг вуглецю.
35. Кругообіг кисню.
36. Кругообіг фосфору.
37. Кругообіг сірки.
38. Єдиний біологічний кругообіг речовин планети Земля.
39. Хемосинтез.
40. Фотосинтетична активна радіація (ФАР).
41. Процес дихання.
42. Гепатогенні зони.
43. Біологічне споживання кисню.
44. Умови.
45. Фактори.
46. Ресурси.
47. Екосистемний фактор. Абіотичні, біотичні, антропогенні фактори.
48. Харчові ресурси, енергетичні ресурси.

49. Гомойотерми, пойкилотерми, ендотерми, ектодерми.
50. Біохімічне споживання кисню.
51. Автотрофи, гетеротрофи.
52. Деструкція.
53. Паразитизм.
54. Органофагія, мерофагія, поліфагія.
55. Акклімація та акліматизація.
56. Ресурси (за Тілманом Д.).
57. Сонячна радіація.
58. Чиста асиміляція.
59. Точка компенсації.
60. Індекс листової пластинки.
61. Зони зниженої ресурсозабезпеченості (ЗЗР).
62. Організми як харчовий ресурс.
63. Простір як ресурс.

#### Додаткові

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Екосистема.         | 23. Біогенна речовина. |
| 2. Геосистема.         | 24. Гідро біонти.      |
| 3. Атмосфера.          | 25. Геліобіонти.       |
| 4. Гідросфера.         | 26. Едафобіонти        |
| 5. Ґрунт               | (геобіонти).           |
| 6. Педосфера.          |                        |
| 7. Літосфера.          |                        |
| 8. Кріосфера.          |                        |
| 9. Мантія.             |                        |
| 10. Ядро.              |                        |
| 11. Астеносфера.       |                        |
| 12. Землетруси.        |                        |
| 13. Вулканізм.         |                        |
| 14. Ценоз.             |                        |
| 15. Екоценоз.          |                        |
| 16. Ценоекосистема.    |                        |
| 17. Геоекосистема.     |                        |
| 18. Біоценозотоп.      |                        |
| 19. Геоекобіота.       |                        |
| 20. Біоекос.           |                        |
| 21. Біокосна речовина. |                        |
| 22. Косна речовина.    |                        |

## **ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 1**

Основна мета модуля 1 – засвоєння структури навчальної дисципліни відповідно до програми, знання даної програми, уміння викласти мету і задачі дисципліни, актуалізація раніше відомих основних понять і подальший розвиток знань з понятійно-термінологічного апарату, а також знайомство із деякими основними процесами і явищами.

### ***• Знання, якими повинен володіти студент в результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 1***

1. Структура дисципліни «Загальна екологія та неоекологія».
2. Мета та задачі дисципліни.
3. Основні особливості засвоєння дисципліни. Значення і роль програмних, проблемних лекцій і консультативних занять. Роль і значення усного контроль-кологвіуму та письмового тестового контролю.
4. Визначення поняття «екологія» за Геккелем Е., Федоровим В. Д. та Гільмановим Т. Г., Стадницьким Г. В. і Родіоновим А. Н., Реймерсом Н. Ф. та ін. Автор і рік першого визначення поняття «екологія».
5. Причини еволюції поняття. Виявлення причин, що обумовили докорінні зміни у змісті екології.
6. Екологічні дослідження. Автор і рік першого екологічного дослідження. Методи екологічних досліджень.
7. Ступінь взаємозв'язку й принципові відмінності між поняттями «біоценоз», «екосистема», «геосистема».
  - 7.1 Структура екосистеми.
  - 7.2 Відмінність екосистем від технічних систем.
  - 7.3 Ієрархія геосистем.
8. Автор і рік першого визначення поняття «біосфера». Межі біосфери. Особливості біосфери.
9. Міжнародне співробітництво в області охорони навколишнього середовища.

10. Поняття «неоекологія». Структура неоекології. Необхідність запровадження неоекології як нової науки.
11. Знаки основних геосфер Землі та їх значення у формуванні екологічних процесів та явищ. Елементи глобальної екології та неоекології.
12. Біосфера. Структура біосфери.
  - 12.1 Атмосфера. Основні складові частини, їхня роль у екологічних процесах.
  - 12.2 Гідросфера. Складові світового запасу води.
  - 12.3 Ґрунти. Роль ґрунтів у розвитку живої речовини.
  - 12.4 Живі організми. Енергетична піраміда. Автотрофні рослини – єдине джерело енергії, що підтримує життєдіяльність усіх видів тварин.
13. Причини, що обумовлюють не досить точне термінологічне розмежування понять “умови”, “фактори”, “ресурси”.
14. Класифікація екологічних факторів за Реймерсом М. Ф.
15. Положення про лімітуючий фактор (закон мінімуму Лібіха Ю.).
16. Класифікація тварин стосовно температури. Різноманіття класифікацій.
17. Чотири основні середовища мешкання.
18. Ефект дії низьких і високих температур.
19. Характеристика основних умов: вода, рН, солоність, швидкість течії, забруднюючі речовини.
20. Характеристика основних екологічних ресурсів.
21. Що забезпечує сполучення променистої енергії?
22. Характер добового потоку двоокису вуглецю.
23. Засоби мінімізації втрат води для асиміляції вуглецю.
24. Елементи мінерального живлення у ґрунті. Взаємодія з водою.
25. Види дифузії кисню.
26. Головна особливість харчового ланцюга. Три шляхи, які ведуть до трофічного рівня.
27. Головна особливість простору як ресурсу.

**• Уміння, які мають сформуватися у студента  
в процесі вивчення модуля I**

1. Аналізувати та порівнювати зміну дефініцій різних понять і термінів науки екологія.

2. Досліджувати за літературними і іншими джерелами інформації сучасні види екологічних досліджень.
3. Використовувати системний підхід до отримання знань.
4. Уміти пояснити потребу у запровадженні поняття „Неоекологія”.
5. Постійно поповнювати базовий професійний понятійно-термінологічний апарат.

**• Навички, які повинні бути сформовані в процесі вивчення модуля I**

1. Використання різноманітних джерел наукової інформації: наукові видання, наукова періодика, сучасні електронні інформаційні джерела.
2. Визначати ключові поняття, зміст понять, головні судження.
3. Визначати, аналізувати та запам'ятовувати головне у прочитаній науковій і навчальній літературі.

Наведений перелік знань, умінь і навичок, що підлягають засвоєнню, свідчить про те, що основна задача даного модуля – з одного боку, поновлення знань із понятійно-термінологічного апарату екології, які вже відомі, з іншого – засвоєння нових понять. Це вкрай необхідно, адже наступний матеріал може бути успішно засвоєний тільки за умови вільного володіння цими основними, але базовими, знаннями.

Та це лише “крапля” у “морі” визначень навіть тільки одного поняття “екологія”. Тому необхідно не тільки відновлення раніше отриманих знань, що стосуються терміну “екологія” та деяких інших, але і поповнення бази понятійно-термінологічного апарату.

### ***Література до модуля I***

#### **Основна**

1. Адаменко О. М. Словник екологічних термінів і понять для студентів вищих навчальних закладів України / О. М. Адаменко, А. А. Коробченко, Й. І. Періжок. – Івано-Франківськ, 2000. – 231 с.
2. Балабан Т. Англійсько-український словник-довідник інженерії довідля / Т. Балабан. – Львів : Вид-во ДУ

- «Львівська політехніка», 2000. – 400 с.
3. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд; пер. с англ. – М. : Мир, 1989.
  4. **Будыко М. И. Глобальная экология / М. И. Будыко. – М. : Мысль, 1979. – 327 с.**
  5. Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології / М. Д. Гродзинський. – К. : Либідь, 1993. – 224 с.
  6. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Глав. Ред. Молд. Сов. энциклоп., 1990. – 408 с.
  7. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього середовища: навч. посіб. / В. С. Джигирей. – [5-те вид., випр. і доп.] – К. : Т-во «Знання», КОО, 2007. – 422 с.
  8. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: підруч. / М. О. Клименко, А. Н. Прищепа, Н. М. Вознюк. – К. : Вид. центр «Академія», 2006. – 360 с.
  9. Мусієнко М. М. Екологія. Охорона природи: словник-довідник / М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков, О. В. Брайон. – К. : Тов. «Знання» КОО, 2002. – 550 с.
  10. М'якушко В. К. Екологія / В. К. М'якушко, Ф. В. Вольвач. – К. : Вища школа, 1984. – 168 с.
  11. Некос А. Н. Екологія та неоекологія. Термінологічний українсько-російсько-англійський словник-довідник / А. Н. Некос, Н. І. Черкашина, В. Ю. Некос. – [3-е вид., доп. англ.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2009. – 478 с.
  12. Некос В. Е. Основы общей экологии и неоекологии: учеб. пособ. в 2-х ч. / В. Е. Некос. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 1998. – Ч. I. – 138 с.
  13. Некос В. Ю. Фізика геосфер: навч. посіб. / В. Ю. Некос, А. Ю. Леонов. – [2-е вид., доп. і перероб.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2004. – 436 с.
  14. Неумывакин И. П. Эндоекология здоровья / И. П. Неумывакин, Л. С. Неумывакина. – СПб. : ДИЛЯ, 2004. – 544 с.
  15. Одум Ю. Екологія: в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с. – Т. 2. – 376 с.
  16. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
  17. Реймерс Н. Ф. Екологія (теорія, закони, правила, гіпотези) / Н. Ф. Реймерс – М. : Россия молодая, 1994. – 367 с.
  18. Ситник К. М. Словник-довідник по екології / К. М. Ситник, О. В. Брайян, О. В. Городецький. – К. : Наукова думка, 1994. –

665 с.

19. Соловьев В. А. Глобальная экология (Экология геосфер Земли): учеб. пособ. / В. А. Соловьев, Л. П. Соловьева. – Краснодар : КубГУ, 2005. – 423 с.
20. Сочава Е. Б. Введения в учение о геосистемах / Е. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 320 с.
21. Стадницкий Г. В. Экология: учеб. пособ. / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – М. : Высш. шк., 1988. – 272 с.
22. Сухарів С. М. Основи екології та охорони довкілля: посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / С. М. Сухарів, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – К. : Центр навч. літератури, 2006. – 394 с.
23. Тлумачний російсько-українсько-англійський словник з екології: основні терміни: близько 3 500 термінів / Уклад. М. Д. Гінзбург та ін.; за заг. ред. А. А. Рудніка. – Х., 2000. – 736 с.

### Додаткова

1. Білявський Г. О. Основи загальної екології: підруч. / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С. Фурдуй. – 2-е вид., змін. – К. : Либідь, 1995. – 368 с.
2. Богданова Т. Л. Справочник по биологии / Т. Л. Богданова, А. В. Брайон, А. В. Денисьевский; под ред. акад. Сытника К. М. – К. : Наукова думка, 1985. – 584 с.
3. Боков В. А. Геоэкология: научно-методическая книга по экологии / (Боков В. А., Ена А. В., Ена В. Г. и др.) – Симферополь : Таврия, 1996. – 384 с.
4. Довідник з охорони природи / [А. Л. Андрієнко, П. І. Фещенко, В. С. Андрусішин та ін.]; уклад. В. С. Андрієнко, П. І. Фещенко. – К. : Урожай, 1985. – 248 с.
5. Мережко О. І. Таємниці зеленої фабрики / О. І. Мережко, І. М. Величко. – К. : Наук. думка, 1990. – 104 с.
6. Милованов Э. Л. Англо-русский словарь по охране окружающей среды: Около 14000 терминов / Милованов Э. Л., Вейцман Е. А.; под ред. Н. Ф. Реймерса. – М. : Рус. яз., 1979. – 368 с.
7. Моисеев Н. И. Экология человечества глазами математика / Н. И. Моисеев. – М. : Мысль, 1988. – 254 с.
8. Плотников В. В. На перекрестках экологии / В. В. Плотников. – М. : Мысль, 1985. – 208 с.
9. Реймерс Н. Ф. Популярний біологічний словник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Наука, 1990. – 544 с.
10. Сытник К. М. Биосфера, экология и охрана природы. Справоч. пособ. / К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Гордец-



- кий. – К. : Наук. думка, 1987. – 499 с.
11. Топчиев А. Г. Геоэкология: географические основы природопользования / А. Г. Топчиев. – Одеса : Астропринт, 1996. – 392 с.
  12. Федоров В. Д. Экология / В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 484 с.
  13. Эдберг Р. Трудный путь к воскресения (Диалог на пороге третьего тысячелетия) / Р. Эдберг, А. Яблоков. – М. : Прогрес, 1988. – 160 с.

## Навчальні матеріали до модуля 1

### 1.1 ОСНОВНІ ВИБІРКОВІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ ТРАДИЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЇ

**Термін** – це знак для позначення поняття. Він консервативний і не повинен змінюватися з часом (хоча термін «атом» означає неподільний, але коли з'ясувалося, що атом ділиться, термін все одно зберігся).

**Поняття** – динамічно змінюється в часі за рахунок все більш глибокого проникнення в суть явища. Поняття дається нам в формі визначення (за Соловйовим В. А., Соловйовою Л. П., 2005).

**Індивід** – це природний організм, який існує в конкретному районі в конкретний час.

**Вид** – це множина індивідів зі спільними фундаментальними характеристиками (склад, властивості, форма і структура).

**Склад** – це тіла попереднього рангу ієрархії тіл, які складають це тіло. Наприклад, мінерали і клітини складаються з хімічних елементів. *Властивості* – результат взаємодії двох тіл. Наприклад, твердість як результат впливу одного мінералу на інший, реакція клітини як результат впливу на неї реагенту. *Форма* – це геометрія тіла. Наприклад, в геології та біології розрізняють тіла плоскі, лінійні, ізометричні і т. ін. Вивчення фундаментальних характеристик складає *предмет науки* (кристалофізика вивчає властивості, кристалохімія – склад, кристалографія – форму, структурна мінералогія – структуру мінералу).

Природні тіла в розумінні В. І. Вернадського – це системи. Системи характеризуються *цілісністю, дискретністю, повторюваністю і емерджентністю*.

**Цілісність** – безперервність тіла в просторі.

**Дискретність** – це стрибкоподібна зміна властивостей на межі природних тіл.

**Повторюваність** – багаторазова зустріч однакових тіл в просторі, тобто тіла не унікальні і зустрічаються у різних точках земної кулі, а також інших планет.

**Емерджентність** – незведеність властивостей тіла до властивостей його складових. Наприклад, Na – метал, який миттєво окислюється в повітрі, Cl – жовто-зелений отруйний газ, а галіт NaCl – сіль білого кольору, яка розчиняється в воді, їстівна. Або

взяти С – вуглець, Н – водень, і N – азот, які при сполученні утворюють молекули з ознаками життєдіяльності.

**Система** – це множина елементів певного походження ( $M_\pi$ ) множини відношень ( $R$ ) і множини зв'язків ( $C$ ) між елементами:

$$S \rightarrow \{M_\pi RC\}.$$

Наприклад, розглядаючи мінерал як систему, ми констатуємо природу складних тіл як складових хімічних елементів ( $M_\pi$ ), взаємне розташування атомів як відносин між елементами в просторі ( $R$ ), стійкість мінералу до руйнування як множина зв'язків ( $C$ ). Аналогічна ситуація виникає під час розгляду клітини як системи, в якій також є свої елементи, відносини та зв'язки між ними.

Якщо мова математики – мова формул, то мова природознавства – це мова класифікацій, які застосовуються для впорядкування інформації.

**Класифікація** – це розбиття кінцевої множини об'єктів на класи еквівалентності (однаковості) за ознаками. В історії природознавства відомий випадок, коли розбиття множини об'єктів на класи еквівалентності (однаковості) було здійснено на підставі закону – закону періодичності, відкритого Д. І. Менделєєвим, та побудовою на цій основі класифікації хімічних елементів. Такі класифікації найвищого наукового потенціалу, слідом за Д. І. Менделєєвим, необхідно називати *систематиками*. В геології і, особливо, в біології цей термін вживається часто, але далеко не в розумінні Менделєєва, а для позначення звичайних класифікацій за ознаками. Напевне у цих дослідників немає усвідомлення того, що геологія і біологія ще чекають своїх Менделєєвих.

Різновидами класифікацій є **таксономія та ієрархія**.

**Ієрархія** – це розбиття множини тіл на ранги за ознакою відношення: «співпідлеглості», «включення» (відносини порядку). Наприклад, з хімічних елементів складаються мінерали та клітини, з мінералів – породи, з клітин – організми і т. ін.

**Таксономія** – це добре відоме геологам та біологам розчленування множини тіл одного й того ж рангу (організмів, мінералів) за ознаками з виділенням царств, підцарств, рядів, сімейств, типів, класів, підкласів і т. ін.

Враховуючи дискусійність поняття «проблемна лекція», варто загострити увагу студентів на тому, що саме є проблемним у запропонованих питаннях, чи є необхідність у їх вирішенні і які шляхи пропонуються для вирішення цих проблем.

Перш за все стосовно визначення понять. Протиріччя інформації тут (основна вимога проблемності) є в тому, що тільки головне поняття «екологія» має більше двох сотень визначень. Існує протиріччя у визначенні поняття «екологія» її засновником, Е. Геккелем (1866 рік), і дефініціями цього ж поняття на сучасному етапі. Студенту необхідно усвідомити існуючі протиріччя шляхом максимальної інтенсифікації пізнавальної діяльності, проаналізувати існуючу ситуацію та визначитися у вирішенні цієї нелегкої проблеми.



Геккель Ернест  
(1834 – 1919)

У зв'язку з цим наведемо деякі визначення поняття з метою простежити за їх різноманіттям ще на стадії розвитку екології як традиційної біологічної науки, не кажучи вже про сучасну екологію, що докорінно відрізняється від традиційної, та давно є самостійною міждисциплінарною галуззю знань. Перш за все, як в україномовній, так і в російськомовній науковій літературі геккелівське визначення екології наводиться кожного разу по-різному.

Одні автори приводять визначення, запропоноване Геккелем Е. в 1866 році, другі – відповідно до 1868 року, треті – надають загальний зміст визначення. Таким чином, яке ж визначення „екології” є власне „геккелівським” залишається відносно відкритим.

Звичайно пропонуються визначення Геккеля Е., які є найбільш поширені. Так, у 1866 році в монографії «Загальна морфологія організмів» Геккелем Е. введено таке визначення:

**Екологія – наука про зв’язок організмів з навколишнім середовищем, куди ми відносимо у широкому розумінні всі умови існування.**

**(Геккель Е., 1866)**

**(цитата за: М’якушко В. К., Вольвач Ф. В., 1984)**

У Дедю І. І. (1990) наводиться таке визначення екології Геккеля Е.:

**Екологія – наука про взаємовідносини організмів між собою, як і хорологія – наука про географічний і топографічний розподіл організмів... Це фізіологія взаємин організмів із середовищем та один з одним.**

**(Дедю І. І., 1990)**

В іншій роботі Геккеля Е. «Природна історія всесвіту» є таке визначення:

**Під екологією необхідно розуміти суму знань, що відноситься до економіки природи: вивчення всієї сукупності взаємовідносин живих організмів з навколишнім середовищем як органічним, так і неорганічним та, насамперед, їх дружніх або ворожих відносин з тими тваринами і рослинами, з якими вони безпосередньо або опосередковано вступають у контакт.**

**(цитата за: М’якушко В. К., Вольвач Ф. В., 1984)**

Наумов Н. зібрав цілу колекцію визначень поняття «екологія». Наведемо тільки деякі з них. Так, Клеменс Ф. (1920)

визначав екологію як **«науку про угруповання»**, а видатний англійський еколог Елтон Г. (1937) – як **«наукову природну історію, що має справу із соціологією та економікою тварин»**. Відомий американський учений Одум Х. Б. у 1959 році сформулював всеосяжне визначення, що звучить так: **«Екологія – це вивчення структури та функцій природи»**. Французький учений Дажо Р. (1975) у книзі «Основи екології» наводить суто біологічне визначення: **«Екологія – наука, що вивчає умови існування живих організмів і взаємозв'язок між організмами й середовищем, у якому вони існують»**.

Суттєво відрізняється визначення академіка Герасимова І. П. (1985). Він пише, що **«правильніше тлумачити екологію як специфічний загальнонауковий підхід до вивчення різних об'єктів природи і суспільства поряд, скажімо, із системним та іншим підходами**. Мета екологічного підходу – виявлення та дослідження зв'язків, що існують між дослідженням тією або іншою наукою, об'єктом і оточуючим його середовищем. У своїх же обґрунтуваннях він повинен базуватися на знаннях різних наук (географія, біологія, соціологія і т. ін.)».

Інший відомий академік Шварц С. у 1972 році підкреслював, що екологія – це **«наука про закони, що керують життям рослин і тварин у природному середовищі існування»**. До речі, саме Шварц С. стверджував, що береться навести сто визначень екології і всі вони будуть вірні, характерно, що у визначенні Шварца С. на передній план висувається терміноелемент **«управління»**, що нерідко є присутнім також у інших дослідників.

Наведемо висловлення відомого американського еколога Макфедьєна Е.: **«Екологія присвячена вивченню взаємовідносин живих організмів, рослинних та/або тварин із середовищем; вона має за мету визначити принципи, що керують цими відносинами**. Еколог виходить з того, що такі принципи існують. Поле його досліджень – це все різноманіття життєвих умов, у яких перебувають рослини та тварини, що досліджуються, – їх систематичні положення, їх реакція на вплив середовища та один на одного, а також вивчення фізичних та абіотичних чинників, що утворюють абіотичне середовище».

Так само Дежкин В. В. (1975) відзначає: **«Увага екології постійно зосереджена на пізнанні глибоких зв'язків у природних**

системах. Ніяка раціональна господарська діяльність неможлива без обліку цих взаємозв'язків. Тому екологія і перетворюється на науку про управління природними ресурсами у процесі їх експлуатації та охорони – глобальну екологію. Це частина класичної екології, на основі якої зараз швидко зростає нова екологічна наука».

Логічність появи терміноелементу «управління» не викликає сумніву, тим більше, як тільки у поняття «екологія» включається терміноелемент «система», автоматично за ним іде терміноелемент «управління».

Але необхідно знайти причину, спробувати пояснити, чому ж автори визначень намагаються включити в поняття «екологія» не тільки всю природу, але й багато інших галузей знань.

Тут доцільно звернутися до висловлювань вищезгаданого американського еколога Макфедьєна Е.: «Доводиться визнавати, що еколог – це щось подібне до дипломованого вільнодумця. Він вільно блукає законними володіннями ботаніка й зоолога, систематика, фізіолога, метеоролога, зоопсихолога, геолога, фізика та навіть соціолога. Він є браконьєром в усіх названих та в багатьох інших, уже сформованих і поважних дисциплінах».

Зробимо короткий підсумок та висновок: яку б кількість визначень ми не розглядали, у кожному з них присутні принаймні два аспекти:

1. Ряд дослідників як і раніше намагаються в тій чи іншій мірі дотримуватися первинного визначення, запропонованого Геккелем Е., так чи інакше його корегуючи, що в певній мірі цілком правомірно.

2. Інша група, зберігаючи базові терміноелементи геккелівсь-кого визначення, додатково вводить нові, намагаючись відбити ті зміни в змісті самої науки, які відбулися, аж до надання зовсім іншого змісту самій науці, цілком забуваючи про пріоритет першого визначення.

Цілком очевидно навіть і не фахівцю, що не можуть досягти успіху ані прибічники першого, ані прибічники другого аспектів, тому що за об'єктивних та суб'єктивних причин докорінно змінився зміст самої науки та ніякі корективи не в змозі об'єднати старе поняття з новим змістом науки. Потрібен зовсім інший підхід.

Безумовно, варто зберегти екологію у тому розумінні, яке було надано їй засновником Геккелем Е., але в тому обсязі, який ним визначався. Однак не можна перетворити уже існуючу науку на щось зовсім інше, що зараз іменують усі без винятку «сучасною екологією», визнати її новою наукою зі старою назвою. Немає «сучасної» і «несучасної екології». Є «нова екологія» зі властивим їй об'єктом дослідження, методами, понятійно-термінологічним апаратом та звичайно структурою, тобто «неоекологія» за нашою термінологією, поряд з відомою давно «екологією».

Докладно про це мова піде у другій частині підручника, а зараз, щоб чітко розмежувати традиційну й сучасну екологію, необхідно усвідомити, що ці дві частини екології є відносно самостійними науками, маючи загальну основу – взаємовідносини живих організмів між собою та середовищем.

Одним із фундаментальних понять екології є поняття, яке англійською позначають як **the environment**, а російською як **окружающая среда**. Щодо українського терміна, то у багатьох словниках, та деяких чинних законодавчих актах, наприклад, вживають скалькований з російської мови термін **навколишнє середовище**.

*Середовище:* 1) речовина та/або простір, які оточують об'єкт, що розглядається (фіз.); 2) природні тіла і явища, з якими організм знаходиться у прямих або непрямих взаємовідносинах (екол.); 3) сукупність фізичних (природних), природно-антропогенних (культурних ландшафтів, населених місць і т. д.) і соціальних чинників життя людини (соц.-екол.).

(Реймерс М. Ф., 1990)

*Середовище* – це простір для проживання, і дуже важливе джерело ресурсів, воно здійснює великий вплив на духовний світ людей, на їхнє здоров'я і їхній настрій.



З точки зору Джигиря В. С. (2007) поняття „природа” і „навколишнє середовище” дуже подібні. Але поняття „природа” значно ширше. Навколишнє середовище утворилося в результаті тривалої еволюції планети Земля під впливом людської діяльності, створення так званої „вторинної природи”, тобто міст, заводів, каналів, транспортних магістралей тощо.

***Середовище навколишнє – сили та явища природи, її речовина і простір, будь-яка діяльність людини, що знаходяться поза розглянутим об’єктом або суб’єктом.***  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Навколишнім середовищем називають ту частину земної природи, з якою людське суспільство безпосередньо взаємодіє у своєму житті і виробничій діяльності.

Навколишнє середовище в науці пов’язане з поняттям географічного середовища. Воно – необхідна умова життя і діяльності суспільства.

Поступово посів своє місце в українській термінології дуже влучний і стислий термін **довкілля**, який сьогодні фіксують не тільки словники, а й законодавчі акти, починаючи з Конституції України, яка гарантує право кожного *"на безпечне для життя і здоров'я довкілля"* [ст. 50, нового Кримінального кодексу України, розділ 8 якого має назву "Злочини проти довкілля"].

***Довкілля*** (рос. *окружающая среда*; англ. *environment*) –

**1. Сукупність природних, техногенних і соціальних умов існування людського суспільства. 2. Сукупність зовнішніх абіотичних та біотичних чинників середовища, що діють на живі організми.**

***Примітка.*** Довкілля включає повітря, воду, ґрунт, природні ресурси, флору, фауну, людей, а також взаємозв'язки між ними.

Саме термін **"довкілля"** вжито в Законі України "Про підтвердження відповідності" [ст. 1], в Цивільному та Госпо-

дарському кодексах [ст. 270, 293], [ст.15] основоположному національному стандарті [п. 4.1, п. 6.2], за Державним класифікатором України, Українським класифікатором нормативних документів [п.01.040.13, 13.020].

Але і сьогодні в багатьох словниках терміни **довкілля** та **навколишнє середовище** подають як синоніми.

Слід особливо підкреслити, що без вивчення традиційної (геккелівської) екології неможливе повноцінне розуміння сучасної екології, тобто неоекології.

Нагадаємо, що екологічні дослідження виникли задовго до появи першого визначення поняття «екологія». Вони розвивалися одночасно з розвитком людського суспільства. Хіба не дивно, що ще за дві тисячі років до нашої ери на піраміді Хеопса були висічені такі ієрогліфи: «Люди загинуть від невміння користуватися силами природи та від незнання справжнього світу». Ще у 1273 році англійський король Едуард IV видав перший закон про охорону навколишнього середовища, який забороняв використання кам'яного вугілля для опалення будівель у Лондоні, а першим у Росії глибоким екологічним дослідженням тваринного світу окремого регіону є праця Северцова М. О. (1855).

Нагадаємо, що майже через 50 років після появи поняття «екологія» було офіційно прийнято поділ екології рослин на *аутекологію*, *сінекологію* та *демекологію*. Пізніше цей розподіл було поширено на екологію тварин і загальну екологію. Це, як відомо, відбулося 1910 року у Брюсселі на III Ботанічному конгресі. Наведемо визначення цих складових екології за Ситником К. (1994).

**Аутекологія**, екологія видів – наука про пристосування окремих видів рослин і тварин до умов існування.

**Сінекологія** – розділ екології, що на відміну від аутекології, вивчає багатовидові угруповання організмів (біоценози та екосистеми). Термін запропонував у 1902 році швейцарський ботанік К. Шретер і визначив її як учення про фітоценози.

**Демекологія** (дем – локальна популяція) – розділ загальної екології, що вивчає структурні та функціональні характеристики локальних популяцій, динаміку їх чисельності, внутрішньо популяційні угруповання та їх взаємовідносини.

Для розуміння визначень понять «екосистема», «геосистема» та ін., де родовим терміноелементом є «система», необхідно визначення поняття «система». Дамо визначення цього поняття в екології за Ситником К. (1994):

**«Система – саморозвинута, саморегульована, відкрита (принаймні, термодинамічно), певним чином упорядкована матеріальна та/або енергетична сукупність, існуюча та керована як відносно стійке єдине ціле за рахунок взаємодії, розподілу та перерозподілу наявних, а також тих, що надходять ззовні або продукуються сукупністю речовин, енергії й інформації, а також така, що забезпечує перевагу внутрішніх зв'язків (у тому числі переміщень речовин, енергії, інформації) над зовнішніми».**

За визначенням одного із засновників розробки загальної теорії систем Берталанфі Л., система – це комплекс елементів, які перебувають у взаємодії. За Урсулом А. Д., система – це органічна безліч, що утворює цілісну єдність.

Екологічна система має ті ж ознаки, якими володіє будь-яка інша система. Це:

1. Цілісність і відокремленість (зміна однієї властивості обов'язково викликає зміну всіх інших – ознака цілісності, а навпаки – відокремленості).
2. Прогресуюча ізоляція (викликає або розпад системи, або її зростання).

3. Прогресуюча систематизація (зміна, спрямована у бік цілісності).
4. Централізація (один елемент або одна підсистема відіграють домінуючу роль у функціонуванні системи).

Згідно з іншими класифікаціями виділяються дещо інші властивості. Серед них необхідно назвати найбільш важливу – емерджентність. Це наявність у системи таких властивостей, які не спостерігаються у жодного з її елементів окремо.

Визначенню понять «екосистема» та «геосистема» передують необхідність засвоєння понять «біоценоз» й «біогеоценоз».

**Біоценоз** – це сукупність популяцій різних видів рослин, тварин і мікроорганізмів, які заселяють будь-яку ділянку земної поверхні. Термін запропонував Мьобіус К. (1877), визначивши його як складову частину біогеоценозу.

Біогеоценоз – історично сформований взаємообумовлений комплекс живих і неживих компонентів однорідної ділянки земної поверхні, який пов'язаний обміном речовини та енергії. Поняття запровадив Сукачов В. Н. (1940). За визначенням Шварца С. (1969), біогеоценоз є елементарною одиницею, осередком біосфери (рис. 1.1).

Принципові **відмінності** між **екосистемою** і **геосистемою** полягають у тому, що в екосистемі компоненти завжди нерівноправні, тобто в ній завжди є «господар», стосовно якого розглядаються всі інші компоненти, крім того, для екосистеми характерна відсутність чітких меж між її компонентами. На відміну від екосистеми, у *геосистемі* всі компоненти рівноправні та мають відносно чіткі межі.

Екосистема охоплює простір будь-якої довжини та розмірності (від краплі до планети). Як було раніше відзначено, існує декілька підходів до визначення цього поняття. До сказаного раніше додамо, що, за Реймерсом М. Ф. (1990), **екосистема – це:**

- будь-яке угруповання живих істот і середовище їх існуван-

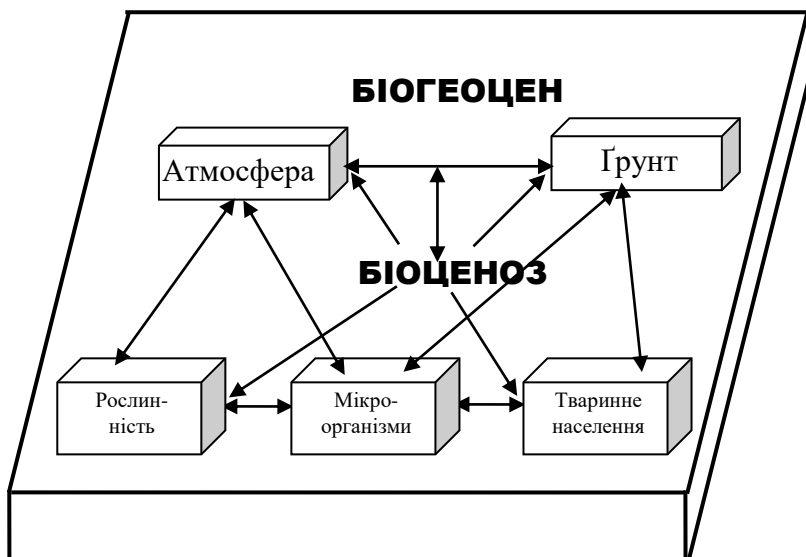
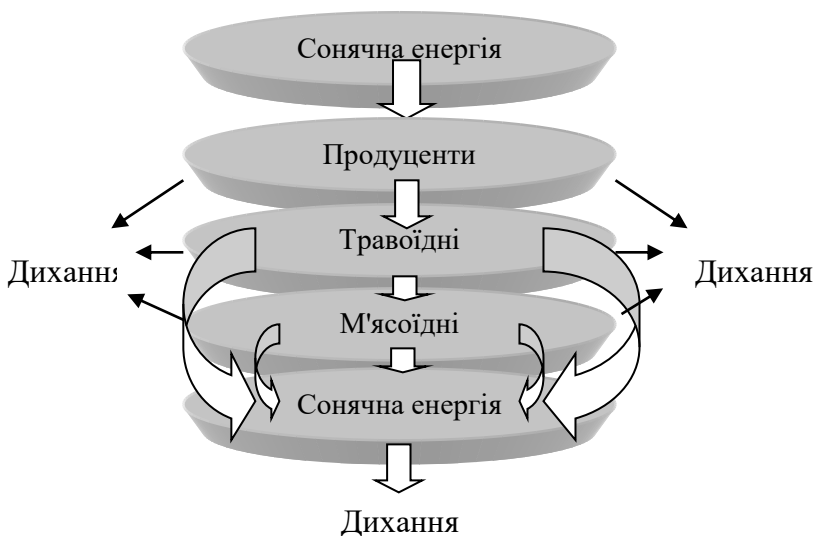


Рис. 1.1 – Схема біогеоценозу

**Біоценоз** – це сукупність живих компонентів, а **біогеоценоз** – це не тільки жива, але й нежива матерія, яка у комплексі з живою, відокремлює, робить певну ділянку земної поверхні неповторною. (Шварц С., 1969)

**Екосистеми** – це безрозмірні стійкі системи живих і неживих компонентів, у яких відбувається зовнішній і внутрішній кругообіг речовини та енергії (рис. 1.2). (Тенслі А., 1935)

ня, об'єднані в єдине функціональне ціле, що виникає на основі взаємозалежності та причинно-наслідкових зв'язків, що існують між окремими екологічними компонентами. При цьому виділяють *мікроекосистеми* (наприклад, стовбур трухлявого дерева), *мезоекосистеми* (ліс, ставок), *макроекосистеми* (океан, континент). *Глобальна екосистема* – біосфера в цілому;



**Рис. 1.2** – Схема головних складових екосистеми

- екосистему нерідко вважають синонімом біогеоценозу. Біогеоценоз потрібно розглядати як ієрархічно елементарну комплексну екосистему, тобто складену з біотопу та біоценозу, як своєрідну «клітинку» (за аналогією клітинної будови організмів);
- інформаційно саморозвиваюча, термодинамічно відкрита сукупність речовини та енергії, єдність і функціональний зв'язок яких у межах, характерних для певної ділянки біосфери, у часі та просторі забезпечує перевищення на цій ділянці внутрішніх закономірних переміщень речовини, енергії та інформації над зовнішнім обміном (у тому числі між сусідніми аналогічними сукупностями) і на основі цього є невизначено довгим саморегулювання та розвиток цілого під керуючим впливом біотичних і біогенних складових.

Відповідно до закону Ліндемманна Р. (1942), *тільки 10 % енергії, що надходить на певний трофічний рівень біоценозу, передається організмам, що перебувають на більш високих трофічних рівнях. Тому кількість ланок у харчовому ланцюгу завжди обмежена (4–6 ланками).*

Розрізняють наступні структури екосистеми (тобто закономірні зв'язки та характер розподілу елементів у системі):

- *компонентна* (видовий або популяційний склад) і кількісне співвідношення різних видів у популяції та інших структурних елементів;
- *хорологічна* – просторовий розподіл елементів;
- *вертикальний розподіл елементів*;
- *трофічна* – сукупність всіх зв'язків, у першу чергу ланцюгів і циклів харчування. У трофічних ланцюгах розрізняють продуценти, консументи і редуценти.

Обумовлено це тим, що запас енергії, накопиченої зеленими рослинами у ланцюгах живлення, дуже швидко вичерпується. Так, наприклад, якщо калорійність рослинного організму становить 1000 Дж, то трав'яниста тварина, що з'їдає його, залишає у своєму тілі всього 100 Дж, у тілі хижака, що з'їсть трав'яного, залишається тільки 10 Дж, а той хижак, що з'їсть попереднього, одержить тільки 1 Дж, тобто 0,1 %.

Екосистеми мають ряд принципових відмінностей від технічних систем.

Можливо сформулювати такі основні відмінності:

- неадекватність поведінки;
- багатомірність формуючих інтеграційних процесів, що відбуваються у системі;
- принципова непридатність традиційних методів оптимізації за екологічним критерієм.

Прив'язка до земної поверхні другорядна, аналіз ведеться найчастіше з трофічних позицій. Усі інші компоненти системи оцінюються з точки зору їх впливу на головний компонент.

Відносно біогеоценозу, необхідно відзначити, що ряд дослідників вважають, що біогеоценоз складається з елементарних (нижчих за рангом) екологічних систем, що охоплюють ділянки простору із практично рівномірно розподіленими в них умовами

**Технічна система** – це система, яка складається з елементів (складових частин, що розрізняються властивостями, які виявляються при взаємодії), з'єднаних зв'язками, які вступають у певні відносини між собою та з зовнішнім середовищем, щоб здійснити процес (послідовність дій для зміни або підтримки стану) і виконати певну функцію. Технічна система має структуру: будова, пристрій взаємного розташування елементів і зв'язків, що задають стійкість і відтворність функції технічної системи.

життя і організмів, що їх населяють: ценоз (Сукачев В. Н., 1942), екоценоз (Kassas M., Grigis W. A., 1965), ценоекосистема (Биков Б. А., 1970), геоекосистема (Сочава Е. Б., 1970), біоценоз (Йоганзен Б. Г., 1971), геоекобіота (Герасимов І. П., 1973), геоекосистема, біоекос (Nesterov V. G., 1975).

**Основна властивість екосистем** – наявність одного (найчастіше біотичного) головного компонента, з точки зору якого вона і розглядається.

Визначаючи екосистеми як об'єкт досліджень традиційної екології, ми тим самим як би автоматично приєдналися до прихильників екосистемного підходу. Прибічники цього підходу вважають екологію наукою про екосистеми, причому будь-яке досліджуване екологами явище викликає інтерес насамперед настільки, наскільки воно має значення для екосистеми в цілому.

Однак, існує також інший підхід – популяційний.

**Популяційний підхід** концентрує основну увагу на популяціях, тобто сукупностях особин одного виду, що заселяють певну територію (або акваторію).



Гіляров А. М. (1989) вважає, що, на відміну від екосистемного підходу, який тяжіє до цілісного (холістичного) опису, популяційний підхід більше схиляється до аналітичного роз'яснення.

Майбутнім неоекологам, напевно, недоцільно зупинятися на якомусь одному підході. Необхідно всебічно засвоювати і те, і інше.

У зв'язку з цим серед рекомендованої літератури можна знайти підручники, які базуються як на екосистемному, так і популяційному підходах. Однак, враховуючи, що у російськомовній літературі більш поширеним є екосистемний підхід, він, звичайно, є досить добре розробленим, буде доречним більше уваги приділити популяційному підходу. Тому при викладенні матеріалу ми значною мірою дотримувалися підручника екології, написаного трьома видатними англійськими дослідниками Бігоном М., Харпером Дж. і Таунсендом К. у руслі саме популяційного підходу.

Ключовими поняттями загальної екології є продуценти, консументи та редуценти (рис. 1.3).

**Консументи** – організми, що вживають органічні речовини, синтезовані автотрофами, безпосередньо або через інші організми. Сюди належать всі тварини, частина мікроорганізмів (паразитичні і сапрофітні) та рослини.

**Продуценти (виробники)** – 1) автотрофи, які за допомогою фотосинтезу та хемосинтезу запасують потенційну енергію у вигляді органічної речовини, отриману із простих неорганічних складових; 2) організми, які є джерелом одержання будь-якої речовини, що використовується людиною (мікроорганізми – продуценти антибіотиків; рослини – продуценти ефірних олій, фармакологічно важливих сполук та ін.).

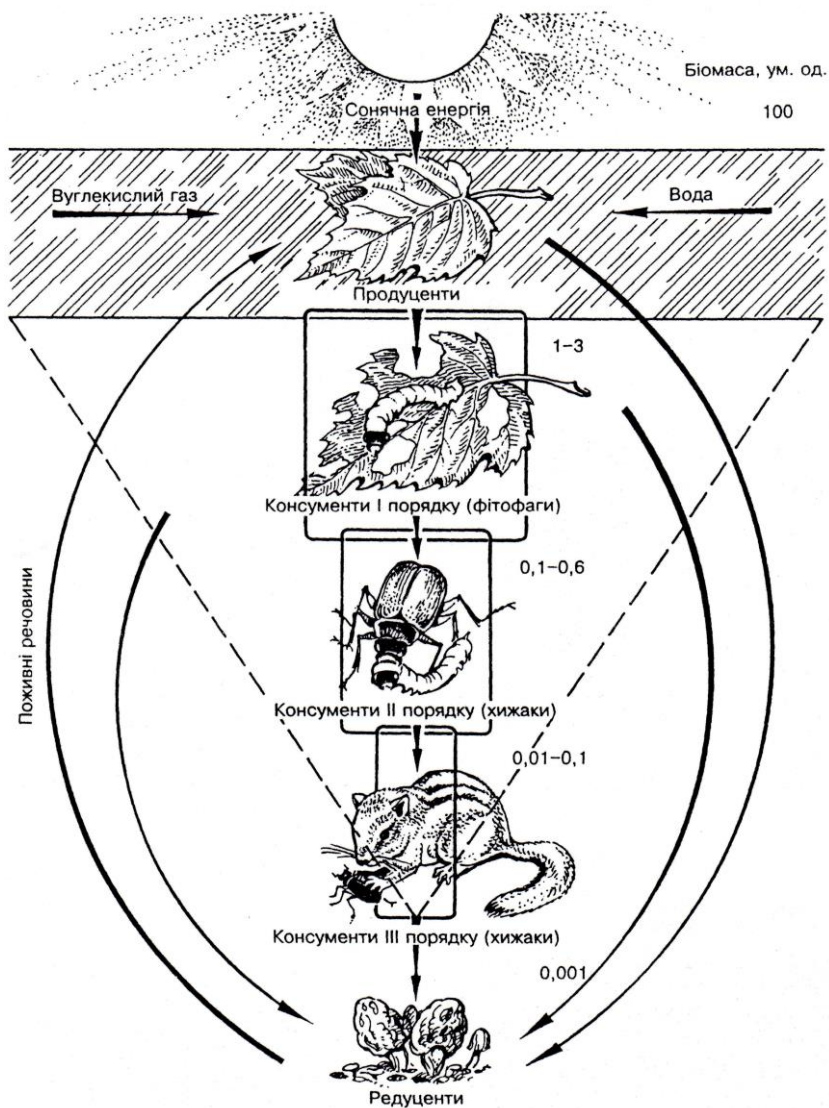


Рис. 1.3 – Ключові поняття загальної екології

**Редуценти (деструктори)** – організми, головним чином бактерії і гриби, у процесі життєдіяльності мінералізують мертву органічну речовину, тобто перетворюють її на прості неорганічні сполуки, які потім використовуються продуцентами. Редуценти – це «очисники» біосфери від забруднювачів.

Об'єктом особливо пильної уваги традиційної екології є ланцюги харчування, харчові ланцюги, трофічні ланцюги (рис. 1.4).

**Трофічні ланцюги** – це види рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, пов'язані один з одним відносинами типу харч–споживач, тобто організми кожної попередньої ланки є їжею для наступного із втратою 80–90% потенційної енергії. У ланцюг харчування звичайно входять чотири-п'ять ланок.

Існує два основних типи ланцюгів харчування – *пасовищний* і *детритовий*.

Одним з найбільш важливих понять загальної екології є поняття «*екологічна піраміда* (піраміда біомас)».

**Піраміда біомас** – співвідношення між продуцентами, консументами та редуцентами в екосистемі, що виражене у їх масі та відображено у вигляді графічної моделі.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Існує кілька видів екологічних пірамід: піраміда біомаси, піраміда вікова, піраміда чисел (піраміда Елтона), піраміда енергії.

Кожен вид піраміди являє собою графічну модель, що виражає

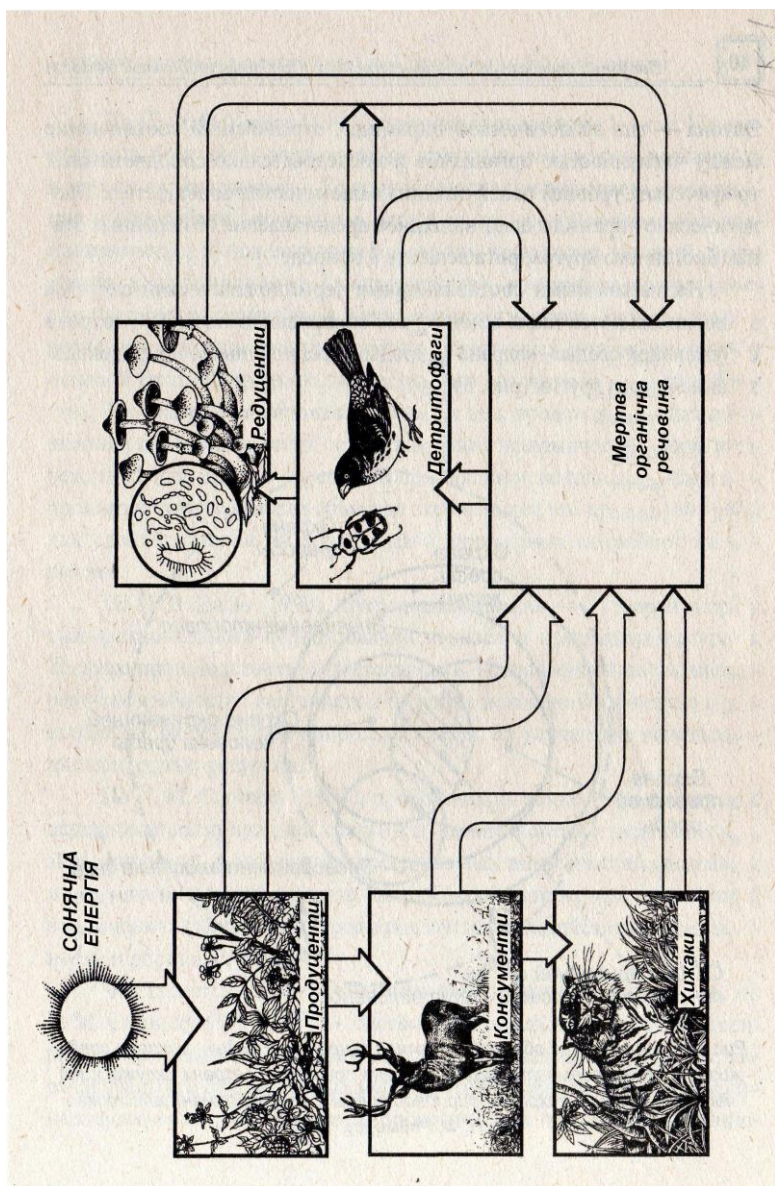


Рис. 1.4 – Схема трофічної структури угруповання

**Піраміда біомас** – кількісне співвідношення органічної речовини.

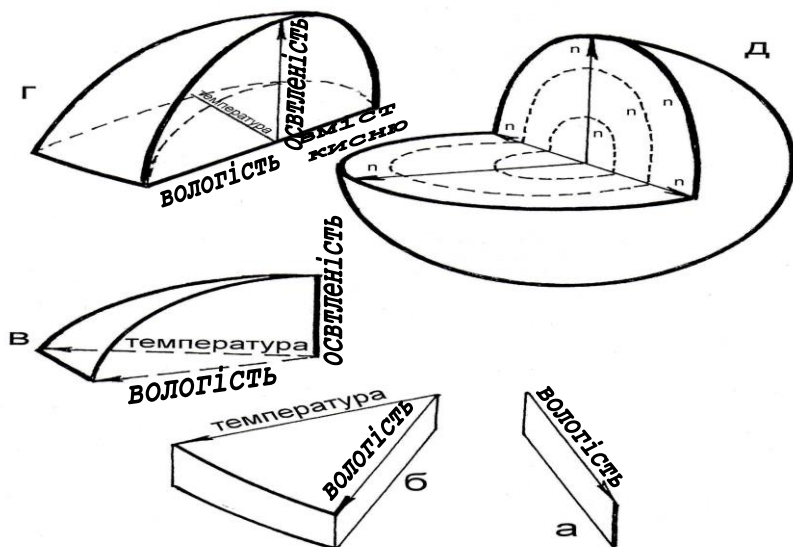
**Піраміда чисел** – відзначає число особин на кожному рівні харчового ланцюга.

**Піраміда енергії** – кількість енергії у харчах кожного рівня.

(Богданова Т. Л., Брайон О. В. та ін., 1979)

певну систему відносин. Наприклад, піраміда Елтона – тип екологічної піраміди, що відображає співвідношення між кількістю організмів і послідовно підпорядкованих трофічних рівнів ланцюгів харчування в біотичних угрупованнях. Екологічні піраміди відображають основні етапи біогенного кругообігу речовин у природі.

Якщо місце знаходження – “адреса” організму, то екологічна ніша – це його “професія”. Екологічна ніша багатовимірне поняття. Але воно може бути і одновимірним, і двовимірним (рис. 1.5).



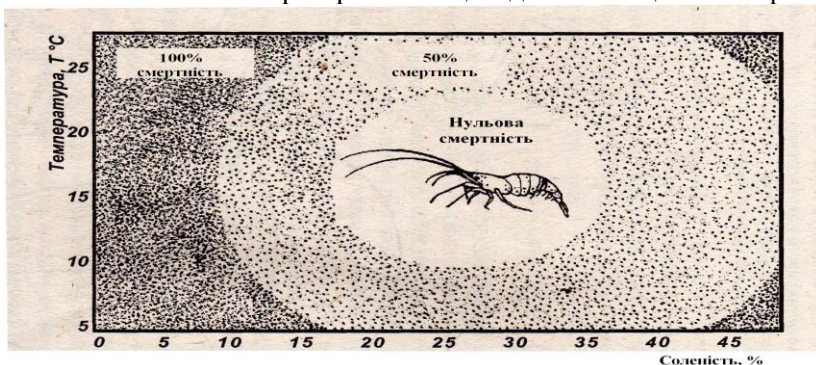
а – одновимірна; б – двовимірна; в – тривимірна;  
г, д – багатовимірні

**Рис. 1.5** – Екологічна ніша

Наприклад, екологічна ніша може визначатися температурним фактором, тобто організми можуть підтримувати свою чисельність лише у певних температурних межах (рис. 1.6). Цей оптимальний інтервал і є екологічною нішею за температурним фактором. Але температура залежить від інших показників, наприклад, від вологості.

**Екологічна ніша (ЕН)** – місце виду у природі, яке включає не тільки положення виду у просторі, але і його функціональну роль в угрупованні (наприклад, трофічний статус), а також його положення відносно абіотичних умов існування (температури, вологості).

Відповідно, організм здатний вижити й дати потомство тільки за умов визначеної вологості. Це вже двомірна екологічна ніша. Якщо підключити ще один фактор (наприклад, світло або рельєф) то екологічна ніша стане тримірною. Якщо підключити ще більше фак-



**Рис. 1.6** – Екологічна ніша креветки за двома факторами  
(за Крикуновим Е. О. та ін., 1996)

торів, то екологічну нішу можливо уявити як n-мірну фігуру, тобто гіпероб'єм, в межах якого можливе підтримання життя організмів, що розглядаються. Таке сучасне уявлення про будову екологічної ніші. Можна говорити про харчову нішу того чи іншого організму: якщо умови сприятливі, то треба, щоб і ресурсів було достатньо. Але й цього ще не вистачає, тому що



тривалому існуванню організмів можуть перешкоджати хижаки, паразити, консументи. Тому біотичні взаємодії також входять у поняття ЕН.

Отже, екологічна ніша є сукупністю усіх факторів (умов) і ресурсів середовища, у межах якої може існувати вид у природі. Важливо розуміти, що екологічна ніша не є щось таке, що можна побачити. Екологічна ніша – абстрактне поняття, що зводить до загального показника усе, чого потребують організми, тобто всі необхідні умови та ресурси в потрібних кількостях, крім місця перебування. Так, кенгуру, бізон, корова систематично віддалені один від одного, але займають схожі ніші в екосистемі степів. Разом з тим, один і той же вид може займати різні ніші в різних місцях проживання. Наприклад, людина. У деяких країнах вона займає харчову нішу м'ясоїдного організму, в інших – рослиноїдного. У більшості ж випадків вона всеїдна. Одне і те ж місце проживання може мати значну кількість ніш. Наприклад, лісовий масив включає ніші багатьох видів рослин і тварин. Таким чином, всі відомості про потреби організмів у тих або інших умовах або ресурсах поєднуються у понятті “екологічна ніша”, що розкриває роль, яку організм відіграє в екологічній системі.

## **1.2 ВИЗНАЧАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЯВИЩА, ПРОЦЕСИ**

Серед великої кількості різноманітних екологічних явищ і процесів акцентуємо увагу на двох нерозривно пов'язаних один з одним, у той же час різних за ступенем проблемності, – кругообізі речовин і фотосинтезі. Підкреслимо, наприклад, що існують прибічники точки зору, що кругообігів, у тому розумінні як їх здебільшого трактують, взагалі не існує. Автори підручника поділяють точку зору про існування кругообігу, в якій би формі він не функціонував. Тому розглянемо обидві проблеми надзвичайно коротко, в основному, на рівні понять з мінімальним роз'ясненням. Зацікавлених в іншій точці зору запрошуємо до додаткових літературних джерел.

Кругообіг речовин складається з процесів утворення органічних речовин з елементів, які входять до складу повітря, ґрунтів, води, і подальшого розкладання цих речовин, у результаті чого елементи переходять у мінеральну форму (рис. 1.7).

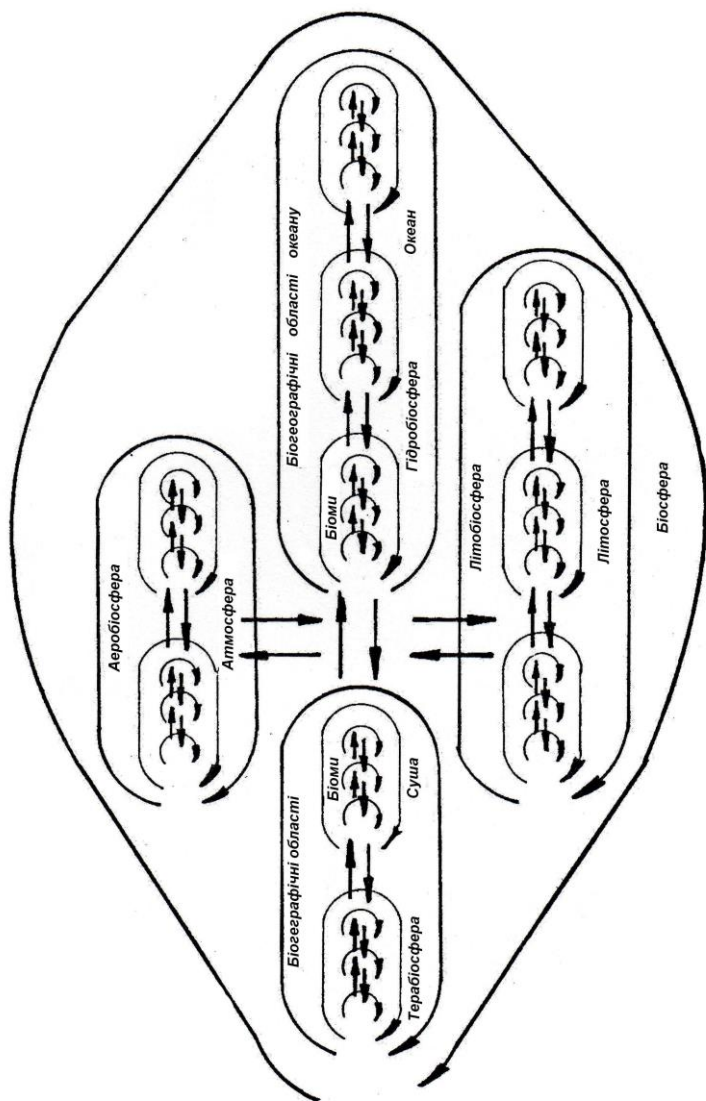


Рис. 1.7 – Біологічний кругообіг речовин



***Кругообіг речовин*** – багаторазова участь речовин у процесах, що відбуваються в атмосфері, гідросфері, літосфері, в тому числі у шарах, що належать до складу біосфери планети. Особливе значення має кругообіг біофільних елементів – азоту, фосфору, сірки.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Біологічний кругообіг речовин забезпечує необхідними елементами зовнішнє та внутрішнє середовище живих організмів і підтримує її стійкість. Це насамперед кругообіг вуглецю, кисню, азоту, фосфору і т. ін. Варто підкреслити, що біологічний кругообіг – явище безперервне, циклічне, але нерівномірне у часі та просторі і супроводжується більш-менш значними втратами закономірного перерозподілу речовини, енергії та інформації у межах екосистем різного ієрархічного рівня організації – від біогеоценозу до біосфери (Реймерс М. Ф., 1990). Повний кругообіг речовин у межах біогеоценозу не відбувається, тому що частина речовин завжди виходить за його межі.

***Біологічний кругообіг речовин*** – послідовна, безперервна циркуляція хімічних елементів, що відбувається за рахунок сонячного випромінювання і підтримується сукупністю організмів, об'єднаних за допомогою ланцюгів харчування.  
(Підоплічко І. Г., Ситник К. М., 1974)

***Велике біосферне коло біотичного обміну*** – невинний планетарний процес закономірного циклічного, нерівномірного у часі та просторі перерозподілу речовин, енергії, інформації, що багаторазово входять (крім односпрямованого потоку енергії) у екологічні системи біосфери, які безперервно оновлюються.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Головним параметром тут є коефіцієнт екологічної ефективності.

**Коефіцієнт екологічної ефективності** – відношення біомаси організмів до кількості спожитої ними органічної речовини. Цей коефіцієнт, як правило, не перевершує 10-20.

Інтенсивність процесів обміну (метаболізму) на одиницю ваги живого організму звичайно тим більша, чим менший цей організм. Причина цієї закономірності – істотна залежність процесу обміну від швидкості дифузії газів через поверхню організмів, що збільшується на одиницю їх біомаси у міру зменшення розмірів.

**Метаболізм** – процес обміну речовин.  
**Метаболіт** – речовина, що виникає в організмі в результаті обміну речовин.

(Реймерс М. Ф., 1990)

Загальна величина біомаси для Землі, за оцінкою Ковди В. А. (1969), дорівнює  $3 \cdot 10^{12}$  т, причому понад 95% цієї величини припадає на рослини і тільки 5% – на тварин, зосереджених в основному в лісах континентів.

Враховуючи, що сумарна продуктивність рослин на континентах складає  $140 \cdot 10^9$  т, підраховано, що час одного циклу кругообігу органічної речовини на континентах дорівнює близько 20 років. Напевно, це припадає на ліси, для інших видів рослинності цей цикл більш короткий, ще менше він для океанів – для фітопланктону цикл становить всього декілька днів. Тривалість одного циклу кругообігу органічних речовин тварин становить декілька років (загальна біомаса тварин дорівнює близько  $10^{11}$  т, і вони засвоюють 10% від сумарної продуктивності рослин, що є підставою для розрахунку тривалості цього циклу). Згідно з даними Хакслі (Huxley A., 1962) у африканських саванах біомаса великих диких тварин може досягати  $15-25 \text{ т/км}^2$ , у лісах помірних широт –  $1 \text{ т/км}^2$ , у тундрі –  $0,8 \text{ т/км}^2$ , у напівпустелях –  $0,35 \text{ т/км}^2$ .

Оцінка біологічної маси людей і розрахунок споживаної при їх харчуванні енергії здійснюється набагато точніше. Зовсім недавно (при населенні понад 5 млрд. чол.) біомаса людей складала близько  $0,2 \cdot 10^9$ . Людина щодня споживає  $2,5 \cdot 10^3$  ккал енергії, отже, сумарне споживання енергії людьми становить  $1,8 \cdot 10^{15}$  ккал/рік. Ця величина приблизно відповідає сучасній продуктивності сільськогосподарського виробництва, тобто у сучасну епоху людина споживає близько 0,2% первинної продукції органічного світу, і тенденція до росту зберігається. Декілька тисяч років потому ця цифра була значно меншою – всього 0,01 %. Споживаючи продукцію, людина витрачає техногенну енергію, що є новим для нашої планети джерелом тепла.

Оскільки в основі процесу створення органічної речовини лежить поглинання автотрофними рослинами вуглекислого газу, який іменують часто вуглекислою, з атмосфери та гідросфери, то необхідно, в першу чергу, аналізувати його роль у глобальному біологічному кругообігу.

В атмосфері  $\text{CO}_2$  міститься близько  $2,3 \cdot 10^{12}$  т, тобто 0,032% обсягу всього атмосферного повітря. У гідросфері його більше –  $130 \cdot 10^{12}$  т. Кількість його мало змінюється в різних географічних районах а також з висотою. Причина цього – незалежність вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері від температури. Головні компоненти кругообігу вуглекислого газу визначаються біологічними процесами і лише частково – геологічними. Витрата  $\text{CO}_2$  на фотосинтез протягом року становить  $3 \cdot 10^{11}$ . Середній термін його поновлення в атмосфері – близько 10 років.

А тепер розглянемо деякі окремі кругообіги у біосфері.

*Основною рухомою силою* кругообігу речовин на планеті є жива речовина. Саме жива речовина, точніше, її діяльність, за допомогою системи кругообігів забезпечує поступовий розвиток біосфери Землі.

В основі кругообігу речовини та енергії лежать два протилежні процеси – *створення та руйнування*. Перший забезпечує утворення живої речовини та акумуляцію енергії, другий – руйнування складних органічних сполук і перетворення їх на прості мінеральні: вуглекислий газ, воду, різні солі і т. ін.

Біосфера існує винятково завдяки *безупинності кругообігів*.

Раніше вже відзначалося, що енергетичною основою існування

біологічних кругообігів є процес фотосинтезу. У ході цього процесу (саме він в енергетичному відношенні є висхідною гілкою біологічного кругообігу) запасається велика кількість сонячної енергії, перетвореної на потенційну хімічну енергію органічних речовин. Низхідна гілка в енергетичному відношенні – це ті життєві процеси, у яких відбуваються перетворення утворених при фотосинтезі біологічних сполук і використання енергії, що накопичилася. Завершуються ці процеси окисленням і мінералізацією органічних речовин, деградацією та перетворенням на тепло енергії, накопиченої в хімічних зв'язках цих речовин.

Біологічні процеси не є замкнутими або повністю зворотними. Кожен черговий цикл – не повторення попереднього. Саме незворотним процесом забезпечують утворення та накопичення біогенних осадів, збільшення вмісту кисню в атмосфері і т. ін.

### ***Кругообіг води***

Вода не тільки середовище проживання, вона є складовою всього живого. У процесі фотосинтезу вона постачає водень для будівництва органічних сполук. Вода, точніше, молекули води, – джерело кисню, що утворюється при фотосинтезі.

При диханні рослин (процес, протилежний фотосинтезу) вода утворюється знову (новоутворення молекул води).

І все-таки жива речовина не відіграє визначальної ролі у великому кругообігу води на земній кулі.

***Кругообіг води – циркуляція води на Землі, що відбувається за умовною схемою: випадіння атмосферних опадів, поверхневий та підземний стік, інфільтрація, випаровування, переніс водяної пари у атмосфері, його конденсація, повторне випадіння атмосферних опадів.***

***(Реймерс М. Ф., 1990)***

Рушійною силою цього кругообігу є *енергія Сонця*, що витрачається на випаровування води з поверхні водних басейнів або суші. Випаровування і випадання опадів взаємно збалансовані та становлять близько 520 тис. км<sup>3</sup> на рік. У сумі вони генерують два процеси – випаровування та опади (рис. 1.8).

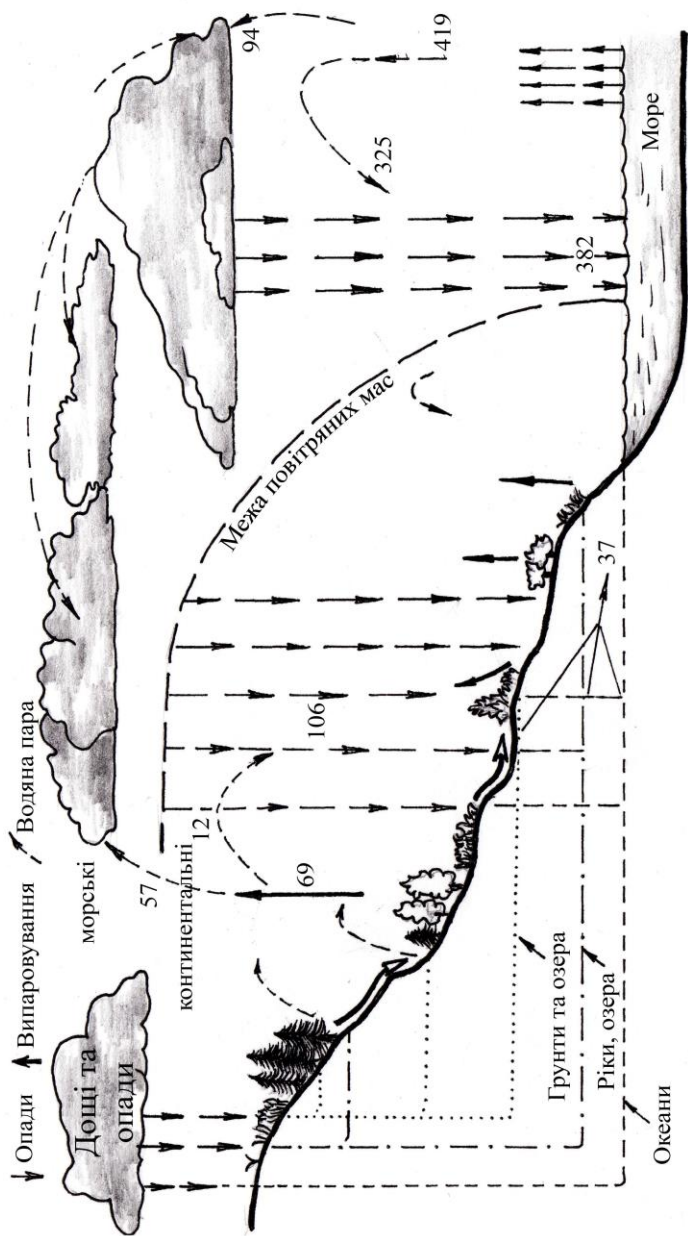


Рис. 1.8 – Глобальний кругообіг води (в  $10^3 \text{ км}^3/\text{рік}$ )

Води на Землі 1600–2500 млн. км<sup>3</sup>, з них 86–98% перебуває в океанах і морях, залишок – лід і ґрунтові води.

У великому кругообігу води жива речовина має невелику питому вагу, а ось у ландшафтах її роль надзвичайно велика.

Механізм кругообігу води визначається *випаровуванням і транспірацією*. Потрапляючи на землю, опади частково затримуються листям, потім випаровуються або поглинаються ґрунтом. Характер цього процесу залежить від фізичних властивостей ґрунту та вмісту гумусу, які визначають вологоємність ґрунту. Інфільтрація у ґрунтові води залежить від вологоємності, типу ґрунтів, рослинного покриву, особливостей рельєфу. Випаровування в основному залежить від щільності ґрунту.

***Транспірація – випаровування води надґрунтовими органами рослин, перш за все, листям.***  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Транспірація визначається доступністю вологи в ґрунті, температурою повітря й ґрунту, їхньою вологістю, силою вітру, видом рослин, їхнім фізіологічним станом і т. ін.

За добу 1 га лісу транспірує 10-50 т води, 1 га пшениці – від 25 до 45 т.

Для виробництва 1 т сухої маси необхідно 200-1000 т води, при цьому на фотосинтез витрачається всього 0,05-0,3% всієї води, що проходить через рослини.

В атмосферу помірних широт через транспірацію повертається 2-3 тис. т води з 1 га рослинного покриву за рік, у теплих широтах – до 4–6 тис. т і більше. На території колишнього СРСР за рік транспірація досягала 3–4 тис. км<sup>3</sup>, що становить 1/3 річної кількості опадів. Рослинність світу за рік транспірує 30 тис. км<sup>3</sup> води, або 27–30% усієї вологи, одержуваної за рахунок опадів. Для порівняння зазначимо, що на побутові потреби витрачається близько 2,5% від загальної кількості опадів.

Таким чином, транспіраційний потік (ґрунт – корінь рослин – листя – атмосфера) є основним шляхом води через живу речовину в її загально планетарному кругообігу.

## *Кругообіг вуглецю*

Кругообіг вуглецю є найважливішим у природі. Він безпосередньо впливає на енергетику атмосфери, оскільки збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері приводить до так званого *парникового ефекту*.

Його фізична сутність досить проста – вуглекислий газ пропускає короткохвильове випромінювання, що нагріває поверхню суші та океану, але затримує довгохвильове (теплове) випромінювання планети, що призводить до підвищення її середньої температури. Вміст вуглецю у живій речовині, за даними геохіміка Виноградова О. П., становить приблизно 50%.

Схема кругообігу вуглецю у природі відома зі шкільної лави. Під впливом сонячної енергії у рослинах відбувається реакція фотосинтезу – вуглекислий газ розщеплюється, при цьому вуглець перетворюється на органічні речовини зеленої маси рослин, а кисень повертається в атмосферу. Маса вуглецю, що утворилася (рослини відмирають або їх з'їдають тварини), окислюючись, знову перетворюється на вуглекислий газ. Але це

**Кругообіг вуглецю – процес визволення та зв'язування вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), що включає його розчинення у воді океанів і відбувається за двома циклами – океанічним та континентальним, об'єднання між якими відбувається через атмосферну вуглекислоту.**

досить спрощена схема циклу вуглецю. Одночасно відбувається складна взаємодія атмосферної вуглекислоти з океаном. У відомих випадках океан поглинає  $\text{CO}_2$  (наприклад, при низькій температурі), за інших обставин вуглекислий газ з його поверхні десорбується. Нарешті, деяка частина вуглецю виявляється схованою або випадає в осад, тобто виключається із кругообігу. На теперішній час у карбонатних осадових породах зв'язано приблизно в 15 000 разів більше вуглекислого газу, ніж утримується в атмосфері. В той же час у гідросфері розчиненого вуглецю в 16 разів більше, ніж в атмосфері (700 млрд. у вигляді  $\text{CO}_2$ ). Таким чином, найбільша кількість вуглецю зосереджена у літосфері ( $10^4$  млрд. т).

Відомо, що все різноманіття органічних речовин, біохімічних процесів і життєвих факторів визначається вуглецем, точніше, його властивостями та особливостями (45% від сухої біомаси – саме така кількість вуглецю у більшості живих організмів).

Основа кругообігу вуглецю – *процес життєдіяльності: виникнення, видозмінення, розкладання*. Підтримкою кругообігу слугує фотосинтезуюча діяльність наземних рослин та океанічного фітопланктону. Механізм біохімічного циклу вуглецю такий: рослини поглинають вуглекислоту та за допомогою енергії сонячного світла використовують її для будування первинних продуктів фотосинтезу, отримуючи різноманітні речовини для свого тіла. Цикл є незамкнутим, оскільки крім фіксації вуглекислого газу, здійснюється його повернення у кругообіг.

Утворена в ході фотосинтезу первинна продукція поступово зникає – споживається тваринами, рослинами і т. ін. (харчові ланцюги). Організми, у свою чергу, виділяють в атмосферу вуглекислий газ (насамперед за рахунок дихання). Відмерлі рослини, труп тварин стають їжею для грибів і мікроорганізмів. Останні також дихають, в результаті формується так зване “ґрунтове дихання”, у якому беруть участь і коріння рослин, значно підвищуючи концентрацію вуглекислого газу у приземному шарі атмосфери (рис. 1.9).

Органічні речовини, що повністю не розклалися та мінералізувалися, утворюють гумус. Далі гумус під впливом бактерій і грибів може розкладатися до вуглекислоти та мінеральних сполук.

Важливо звернути увагу на суттєву різницю між кругообігом вуглецю Світового океану і суші. Причина – само середовище і організми, що його населяють. На Землі продукція біомаси залежить від вмісту вологи і коливань температури, в океані – насамперед від вмісту необхідних елементів мінерального харчування. Саме тому тут у невеликій кількості існують організми вищих трофічних рівнів, а це означає відсутність багатьох ланок кругообігу вуглецю.

Не дивлячись на те, що розкладання в океані проходить швидко, однак, у зв’язку з тим, що розміри організмів мікроскопічні, тривалість життя фітопланктону мала, – створюються незначні запаси фітомаси. Цикл обігу вуглецю тут триває не роками (як, наприклад, у дерева), а здійснюється лише за дні та



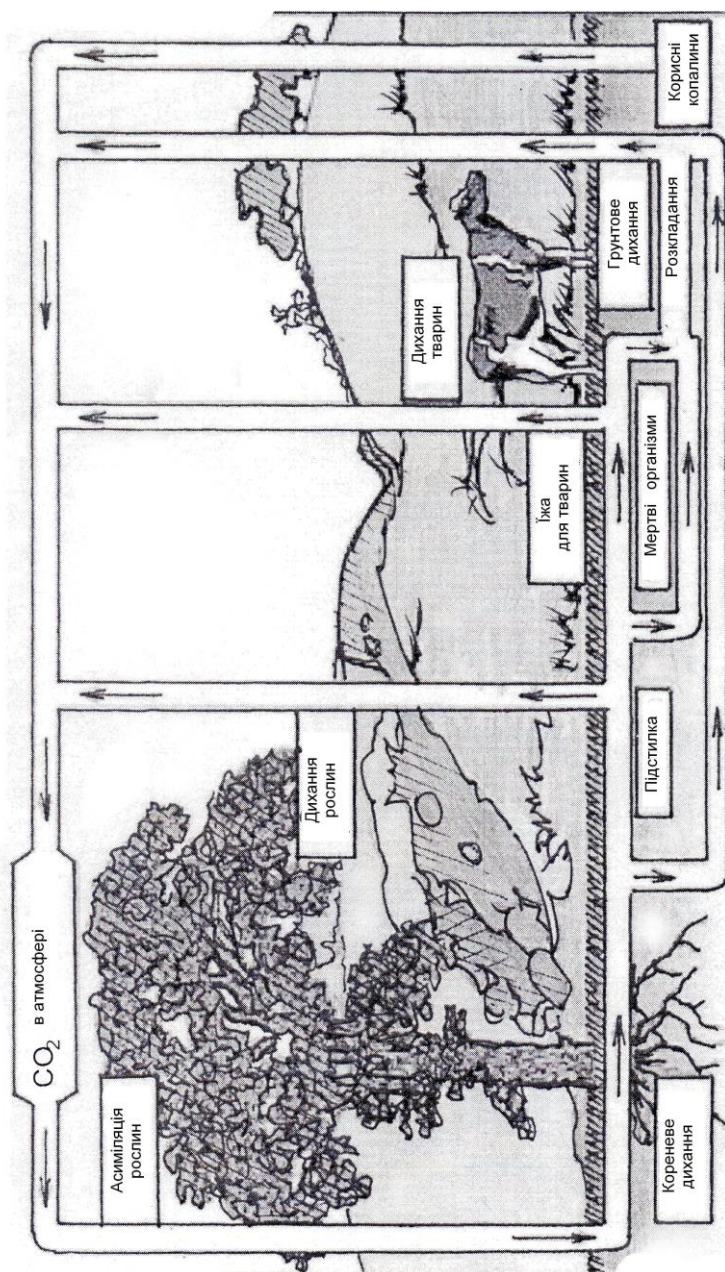
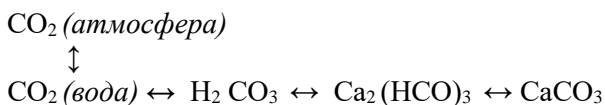


Рис. 1.9 – Кругообіг вуглецю

години. Такі ж особливості в цілому характерні також і для зоопланктону. Відповідно і сумарне виділення вуглекислого газу досить незначне. Зменшення загальної біомаси у кожній наступній трофічній ланці знижує частку участі океану в кругообігу вуглецю.

Разом із тим, води океану тісно пов'язані обміном вуглекислого газу з атмосферою. Води океану є буферною зоною, що складається з вугільної кислоти та її солей (карбонатів). Це депо вуглекислоти, пов'язане з атмосферою через дифузію  $\text{CO}_2$ . З води в атмосферу та назад процес здійснюється за такою схемою:



У денні години вуглекислота посилено витрачається, і карбонати слугують додатковим джерелом її утворення. Уночі ж за рахунок дихання значна частина її знову входить до складу карбонатів.

Процеси, що відбуваються, ідуть у наступних напрямках:



Очевидно, що ці процеси є основним регулятором вмісту вуглекислого газу в атмосфері. У зв'язку з тим, що частина вуглецю виходить із кругообігу (органічні речовини не мінералізуються), за мільярди років існування біосфери величезні запаси вуглецю зосередилися у вапняках й інших породах, в органічних осадах. Тому у кругообігу вуглецю зараз бере участь лише десята частка відсотка вуглецю від усієї його загальної кількості, наявної на Землі.

Діяльність людини вносить істотні зміни у кругообіг: змінюються ландшафти, у ґрунт вносяться добрива та пестициди. Спалювання деревної рослинності з виникненням вогню також збільшило виділення вуглекислого газу. Спочатку все це не позначалося на атмосфері, але згодом почав прискорюватися цикл і збільшилася швидкість кругообігу вуглецю. Використання горючих копалин забезпечує повернення виведеного із кругообігу  $\text{CO}_2$  в атмосферу. За останнє сторіччя його кількість в атмосфері зросла на 13%.

У зв'язку з цим обговорюється питання про глобальне потепління клімату, про підвищення температури на 3–4 градуси

(у різних авторів різні цифри) та про ймовірність підвищення рівня океану на 50–60 м (існують інші дані, наприклад, лише на 5–9 м.).

Як буде показано пізніше, висловлюються також протилежні думки. Ряд дослідників вважає таку точку зору надто песимістичною, адже далеко не завжди враховуються різноманітні фактори, що відіграють роль у кругообігу вуглецю. Зокрема, відомо, що від спалювання копалин в атмосфері залишається лише  $1/3$   $\text{CO}_2$  від того, що утворюється, а залишок, певно, зв'язується океаном і рослинністю. Океан, завдяки своїй величезній площі, може поглинути не менше половини тієї вуглекислоти, що утворюється від спалювання органічного палива.

І, нарешті, щодо ролі вуглекислого газу в житті людини. Згідно з деякими даними, для нормального існування людини у складі повітря повинно міститися 7% вуглекислоти та 2% кисню, а у ряді регіонів Землі кисню міститься до 21%. Це в 10 разів більше, ніж необхідно, а вуглекислоти всюди менше. Дитина до свого народження дихає винятково вуглекислотою, а після народження, образно кажучи, поринає в кисневу “пожежу”. Життя на Землі виникло 4 млрд. років тому, коли вільного кисню не було зовсім, і не виключено, що тривалість життя багато в чому пов'язана зі зниженим вмістом кисню. В атмосфері Венери 90% вуглекислоти та 2% кисню. Схоже, саме там і варто шукати довгожителів.

### ***Кругообіг кисню***

Земля – єдина планета з таким високим вмістом кисню в атмосфері. Кисень – необхідна умова існування живого. Точка зору, що весь вільний кисень утворюється в результаті фотосинтезу в багатьох працях не підтримується. Наприклад, Мережко О. І. та Величко І. М. (1990), навпаки, вважають, що переважна кількість вільного кисню земної атмосфери (близько 99%) утворюється не шляхом фотосинтезу, а завдяки розкладанню водяної пари у верхніх шарах атмосфери під дією ультрафіолетових променів (фотодисоціація). Інше джерело утворення кисню – з оксидів азоту під впливом космічного випромінювання. Третій, менш важливий шлях, – надходження ядер кисню в атмосферу у вигляді компонентів космічних променів (рис. 1.10).





**Кругообіг кисню** – утворення кисню в результаті фотосинтезу рослин та використання його в ході дихання, реакцій окислення (у т.ч. спалювання палива) та інших хімічних перетворень.

Проте, саме рослинний покрив у процесі фотосинтезу щороку виділяє близько 430–470 млрд. т кисню. Весь кисень атмосфери проходить через живу речовину приблизно за 2000 років. Повний кругообіг води, що є джерелом кисню, здійснюється в біосфері приблизно за 2 млн. років. Таким чином, вся вода планети, весь кисень і водень уже пройшли безліч циклів перетворень фотосинтезу та зворотних процесів – окислення органічної речовини вільним киснем. Тільки після появи фотосинтезуючих організмів, коли накопичилося достатньо вільного кисню та утворився озоновий екран, життя змогло вийти на сушу.

Кисень входить до складу біологічних сполук. Він забезпечує дихання усього живого. У зв'язку з тим, що кисень входить до складу багатьох неорганічних (вода, вуглекислота, карбонати) і органічних сполук (у живій речовині кисень становить близько 70% у розрахунку на сиру масу), його кругообіг досить складний. Існує дві основні гілки кругообігу – утворення в процесі фотосинтезу та поглинання в процесі дихання.

За рахунок кисню утворився озоновий екран (верхня гілка), величезну роль грає участь кисню в окислювально-відновних процесах, окислювання окису вуглецю, що виділився в результаті вулканічної діяльності, у накопиченні сульфатних осадових порід і т. ін. (нижня гілка). Повсюдно присутній молекулярний кисень фотосинтезу.

У теперішній час найбільший вплив на кругообіг кисню чинить діяльність людини. Людство щороку споживає близько  $1 \cdot 10^{10}$  т молекулярного кисню. Великі витрати кисню за рахунок роботи двигунів внутрішнього згорання, у металургійному виробництві і т. ін.

Цікаво, що за підрахунками вчених загальна кількість молекулярного кисню в атмосфері становить  $0,8 \cdot 10^{15}$  т, у воді Світового океану –  $0,2 \cdot 10^{15}$  т. Отже, усього на поверхні планети міститься  $10^{15}$  т кисню.

Підбиваючи підсумки, підкреслимо, що основні умови збереження постійності газового складу атмосфери – це розширення площ, що займає зелена рослинність, підвищення її фотосинтезуючої здатності та продуктивності.

### ***Кругообіг азоту***

Азот входить до складу більшості біологічно важливих органічних речовин усіх живих організмів: білків, нуклеїнових кислот, мутопротеїдів, ферментів, хлорофілу і т. ін. Атмосфера на 79% складається з азоту, і все-таки його часто не вистачає для живих організмів. Газоподібна форма азоту у біосфері хімічно малоактивна і не може безпосередньо використовуватися вищими рослинами та тваринним світом. Рослини засвоюють азот із ґрунту у вигляді іонів амонію або нітратних іонів, використовуючи так званий фіксований азот.

***Кругообіг азоту – фіксація азоту у вигляді солей, що доступні для споживання рослин і визволення його при денітрифікації.***

Виникнення сполук азоту в доступній для рослин формі здійснюється в результаті небіологічної фіксації азоту (утворення окислів азоту та аміаку):

- у процесі іонізації атмосфери космічними променями;
- при сильних електричних розрядах під час гроз.

У ґрунт і водні басейни амонійний і нітратний азот потрапляє з атмосферними опадами, причому вміст нітратів у останніх залежить від інтенсивності та частоти гроз. Наприклад, на екваторі, де досить часто відбуваються грози, атмосферні опади містять близько 2-3 мл/л азотної кислоти, у помірних широтах – приблизно в десять разів менше. В атмосферних опадах можуть міститися також нітратна форма азоту. У середньому 1 км<sup>2</sup> поверхні Землі отримує з атмосферними опадами за рік близько 1 т фіксованого азоту (рис. 1.11).

І все-таки *біологічна фіксація* атмосферного азоту значно переважає над *небіологічною природною фіксацією*. Це пов'язано, насамперед, з діяльністю ґрунтових мікроорганізмів та організмів, що живуть у симбіозі з вищими рослинами.

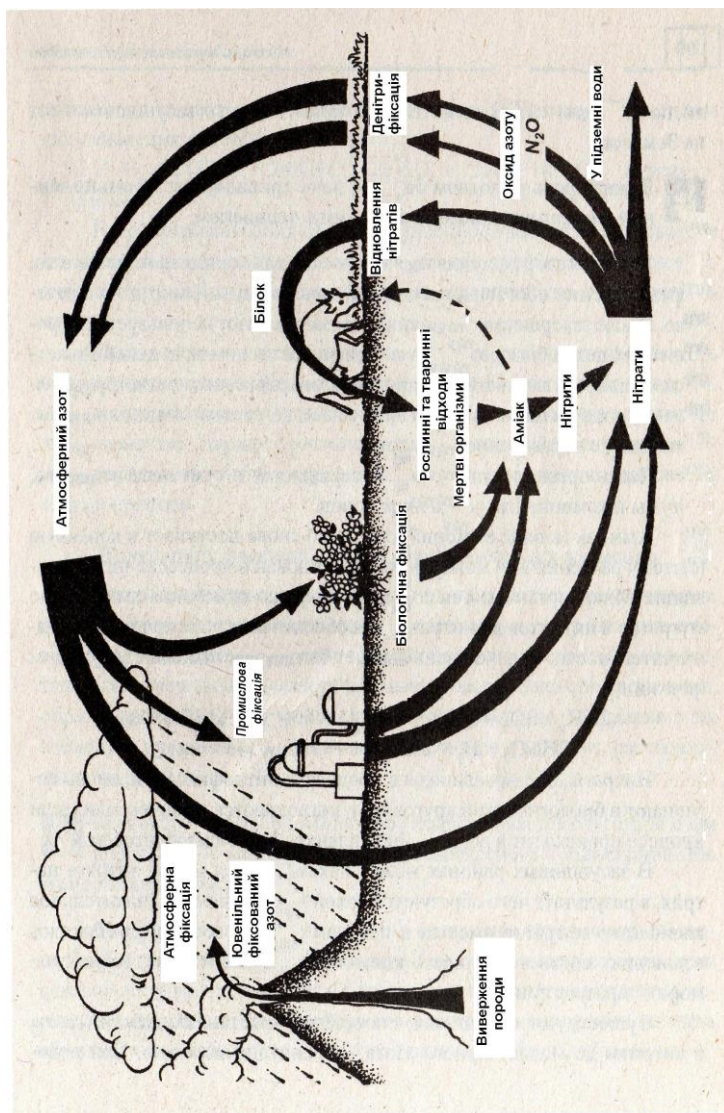


Рис. 1.11 – Кругообіг азоту в біосфері (за Делвичем К., 1972)

Вільно живучі в ґрунті азотофіксуючі аеробні бактерії здатні здійснювати фіксацію молекулярного азоту атмосфери за рахунок енергії, яку отримують при окислюванні органічних речовин ґрунту у процесі дихання, остаточно зв'язуючи його з воднем і вводячи у вигляді аміногрупи ( $-\text{NH}_2$ ) до складу амінокислот свого тіла. Те ж саме здатні робити анаеробні бактерії. Відмираючи, перші та другі збагачують ґрунти органічним азотом. Точних кількісних даних немає, але прийнято вважати, що протягом року на  $1 \text{ км}^2$  вноситься від 0,2 до 2,5 т фіксованого азоту.

Найбільш ефективно фіксують азот бульбочкові бактерії, що живуть на бульбах бобових рослин. Саме вони постачають рослині-господарю доступний азот. А сімейство бобових, як відомо, нараховує 13 тис. видів, тому їх роль у підтримуванні кругообігу азоту дуже значна. Так, у посівах конюшини та люцерни вміст азоту сягає  $150\text{--}400 \text{ кг/га}$  на рік ( $15\text{--}40 \text{ т/км}^2$ ).

Крім бобових, ця властивість характерна також для інших рослин (вільха, обліпіха та ін.). Біологічна фіксація характерна і для деяких фотосинтезуючих організмів (синьо-зелених водоростей та фотосинтезуючих бактерій). Синьо-зелені водорості відіграють особливу роль у збагаченні азотом рисових полів. Характерно, що, на відміну від вуглецю, фосфору, сірки та інших елементів-органогенів, сполуки азоту не утворюють у природі акумуляцій. Виключенням є пустелі, де азот накопичується у вигляді нітратних та амонійних солей, які в умовах вологого клімату використовуються рослинами або вимиваються водою. Мабуть саме тому найбільші поклади селітри (нітратів калію або натрію) є на узбережжях Перу та Чилі, по сусідству з пустелею Атакама, одним із найпосушливіших місць на Землі.

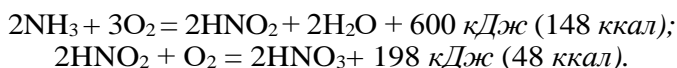
Важлива роль у азотному балансі ґрунтів належить **промисловій фіксації атмосферного азоту людиною**.

Засвоюючи азот, рослини використовують його для побудови свого тіла. Через рослини збагачується азотом увесь тваринний світ і людство. Після завершення цього циклу азот використовується у трофічних ланцюгах біопродуцентів. Кінцевим етапом цих ланцюгів є діяльність амонійфіксуючих мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини (амінокислоти, сечовину), що утримують азот, з утворенням аміаку.



Частина органічного азоту перетворюється на гумусні речовини, бітуми та компоненти осадових порід.

Аміак (у вигляді амонійного іону) знову надходить до кореневої системи рослин, або може бути використаний у процесах нітрофікації. Мікроорганізми використовують енергію окислювання аміаку до нітратів і нітритів: до нітратів для забезпечення всіх процесів життєдіяльності. Це окислення може бути представлено таким чином:



Нітрати, що утворилися у процесі нітрофікації, знову надходять до біологічного кругообігу, поглинаються із ґрунту або, якщо процес відбувається у воді, – фітопланктоном і фітобентосом.

У посушливих районах може накопичуватися багато нітрату натрію, в результаті чого утворюються солончакові ґрунти. Велика кількість нітратів є в пташиному посліді, що, розкладаючись в умовах відповідного клімату (Південна Америка, Карибське море), утворює гуано.

Існують організми, здатні відновлювати нітрати та нітрити до молекулярного азоту. Це денітрофікатори. За умови нестачі кисню (у ґрунті або воді) вони використовують кисень нітратів для окислення поживних речовин:



Але денітрифікація має підпорядковане значення в кругообізі азоту, тому що відбувається вона тільки у ґрунтах, де міститься велика кількість органічної речовини і різко обмежене надходження кисню.

Таким чином, жива речовина відіграє надзвичайну роль також і в кругообігу азоту. Шкода, що наші знання з цього приводу досить неповні. Однак людина все сильніше впливає на кругообіг цієї речовини. Прагнучи збільшення сільськогосподарської продукції, людство повинно вживати заходів щодо збереження рівноваги азоту в природі.

### ***Кругообіг фосфору, сірки та неорганічних катіонів***

Вуглець, кисень, водень та азот у біологічних кругообігах утворюють газоподібні сполуки. Отже, міграційна здатність цих елементів в атмосфері досить висока. Для всіх інших залучених у біологічний кругообіг речовин, крім сірки, утворення газоподібних сполук нехарактерно. Міграція цих елементів відбувається в основному у вигляді іонів та молекул, розчинених у воді.

Фосфор засвоюється рослинами у вигляді іонів ортофосфорної кислоти. Кругообіг фосфору незамкнений. Після поглинання рослинами, фосфор по трофічним ланцюгам знову надходить у ґрунт. Основна кількість фосфору поглинається коріннями, але частина вимивається зі стоками дощовою водою із ґрунтів у водні басейни.

***Кругообіг фосфору в біосфері підтримується завдяки двом процесам – мінералізації органічного та вивітрюванню мінерального фосфору.***

У природних умовах рослинам найчастіше бракує фосфору, тому що у лужному та кислому середовищах він перебуває в нерозчинних сполуках.

В ряді гірських порід міститься велика кількість фосфатів. Частина цього фосфору надходить у ґрунт, частину переробляють на добрива (5-6 млн. т), велика кількість вилуговується та вимивається в гідросферу, де його вплив відбивається на фітопланктоні та інших водних організмах.

Річне надходження фосфору із суші до океану становить від 3,5 до 20 млн. т. У зв'язку з інтенсифікацією оранки надходження фосфору з поверхневими водами за останні три десятиліття подвоїлося.

У Світовому океані втрати фосфору відбуваються в основному за рахунок відкладення органічних залишків на великих глибинах. Оскільки фосфор мігрує з водою з літосфери в гідросферу, повернення його в літосферу здійснюється тільки біологічним шляхом: за рахунок споживання риби морськими птахами (утворення гуано), використання бентосу та рибного борошна як добрива і т. ін. Фосфор вважається дефіцитним для рослин.

**Сірка** входить до складу сірковмісних амінокислот (цистину, цистеїну, метинину) і ряду інших важливих сполук. Ці амінокислоти входять до структури білкових молекул.

Сірка засвоюється рослинами тільки в окисненій формі у вигляді іону  $\text{SO}_4^{2-}$ . У рослинах вона відновлюється та входить до складу амінокислот у вигляді сульфгідрильних ( $-\text{SH}$ ) і дисульфідних ( $-\text{S}-\text{S}-$ ) груп.

Тваринні організми засвоюють тільки відновлену форму сірки, включену до складу органічних речовин. Після відмирання тих та інших відбувається повернення сірки у ґрунт, де знову відбувається її перетворення мікроорганізмами.

В аеробних умовах мікроорганізми окислюють органічну сірку до сульфатів. А останні знову за допомогою коренів рослин включаються в кругообіг. Частина сульфатів бере участь у водній міграції та виноситься із ґрунту. У гумусових утвореннях або утвореннях, багатих гумусом, сірка перебуває у складі органічних сполук і не вимивається. В анаеробних умовах при розкладанні органічних речовин утворюється сірководень. За наявності сульфатів та органічних речовин у безкисневому середовищі активізується діяльність сульфатредукуючих бактерій. Вони використовують кисень сульфатів для окислення органічних речовин та отримують необхідну енергію:



Сульфатредукуючі бактерії поширені в підземних водах, мулах і застійних морських водах. Сірководень – отрута для живих організмів, тому в таких середовищах майже немає життя. Таке, наприклад, Чорне море на глибинах понад 200 м. Тому добре, коли окислення сірководню відбувається до сульфатних іонів, тобто сірка переходить у доступну форму сірчанокислих солей. Це здійснюється в природі за участі сіркобактерій (безбарвних, зелених і пурпурних). Очевидно, що у перетворенні сірки величезна роль також належить живим організмам.

Господарська діяльність людини прискорює кругообіг сірки у біосфері.

Людина видобуває з літосфери та гідросфери значну кількість сульфатів для промисловості та сільського господарства. Видобуваються також елементарна сірка та сульфіди.

Спалювання кам'яного вугілля, нафтопродуктів, переробка сірки – є джерелами надходження в повітря окису сірки, котра при подальшому окисленні та розчиненні перетворюється на

**Головний резервуар сірки – Світовий океан, тому що в нього із суші безперервно надходять сульфатні іони. Частина сірки повертається на сушу через атмосферу: надходження сірки у повітря, окислення її до двоокису сірки, розчинення останнього у дощовій воді з утворенням сірчаної кислоти та сульфатів і, нарешті, повернення у ґрунт.**

сірчану кислоту. Збагачуються ґрунти сульфатами, інтенсифікується процес корозії металів та т. ін. Уже зараз стало очевидним, що без удосконалення виробничих процесів ці явища загрожують екологічними катастрофами в різних регіонах Землі.

Серед інших макро- і мікроелементів, необхідних для здійснення життєвих процесів, варто виділити деякі метали.

З водою рослини одержують катіони металів з навколишнього середовища. На суші головним джерелом неорганічних катіонів є ґрунт, у якому вони містяться внаслідок руйнування материнських порід. За цим іде пересування катіонів у листя та інші органи рослин. Деякі метали (магній, залізо, мідь, молібден) входять до складу біологічно важливих молекул (хлорофілу, ферментів); інші, залишаючись у вільному стані, беруть участь у підтримці необхідних колоїдних властивостей протоплазми клітин і виконують інші функції.

При відмиранні неорганічні катіони в ході мінералізації органічних речовин повертаються у ґрунт. Але цей процес не може вважатися замкнутим через вилуговування та винесення катіонів металів з дощовими водами, відторгнення і винос органічної речовини людиною при вирощуванні сільськогосподарських рослин, вирубці лісу, скошуванні трав і т. ін.

Вилуговування особливо інтенсивно відбувається у вологих районах спекотного поясу через рясні дощі та низьку поглинаючу здатність ґрунтів (недолік гумусу). Тут рівновагу цих елементів підтримувати важко. У помірних широтах, де досить гумусу та менше опадів, вилуговування відбувається повільніше.

Звідси треба зробити екологічно важливий висновок: для підтримання балансу неорганічних катіонів необхідне раціональне господарювання.

**Єдиний біологічний кругообіг речовин планети Земля являє собою складну неподільну систему усіх тісно взаємопов'язаних кругообігів.**

Він охоплює всю біосферу і навіть виходить за її межі, тому що в ньому беруть участь речовини з окремих частин атмосфери та літосфери, які лежать далеко за межами самої біосфери.

Ми переконалися, що розглянуті кругообіги надзвичайно складні. Багато їх механізмів дотепер не повністю зрозумілі.

**Процес фотосинтезу.** Процес фотосинтезу не такий простий, як це може здатися на перший погляд. Існує значна кількість проблем, які потребують уваги та творчого пошуку. Наприклад, різноманітність проміжних реакцій настільки велика, що вони досі не розкриті до кінця. Є також і протиріччя. Підкреслимо тільки найбільш суттєві з них. Як було показано вище, одні дослідники вважають, що майже весь вільний кисень створений «зеленою фабрикою», інші – що рослинність здійснює досить незначний внесок у формування «кисневої оболонки» Землі. Потребує творчого осмислення той факт, що головна частина урожаю формується за рахунок фотосинтезу та лише менша – за рахунок мінерального живлення, переважно азоту, фосфору, калію та кальцію (від 3-5 % до 20-30 %). Для грамотного, кваліфікованого вирішення існуючих проблем майбутньому фахівцю потрібно опанувати відповідні теорії.

Таким чином, проблема фотосинтезу є не тільки цікавою та складною, але й надзвичайно важливою для людства.

Деякі дослідники вважають, що існує самостійний великий науковий напрямок щодо фотосинтезу. І це не дивно, тому що продукція рослинності на планеті становить від 50 до 250 млрд. т сухої маси. Це відповідає приблизно 70-365 млрд. т поглиненого вуглекислого газу та 50-270 млрд. т виділеного в процесі фотосинтезу кисню.

Термін “фотосинтез” був запроваджений В. Пфеффером, і з'явився він тільки у 1877 р., тобто через 201 рік після того, як

почалося вивчення цього процесу. Означає він “синтез на світлі” або “синтез за допомогою світла”.

**Фотосинтез у загальному розумінні – це засвоєння вуглекислого газу рослинами та відновлення вуглецю з утворенням органічних речовин при участі поглиненої енергії світла (рис. 1.12).**

Як зазначено вище, це надзвичайно складний процес. Дотепер ще не здійснена мрія французького фізика Жюльєн-Кюрі Ф., який стверджував, що сучасний переворот у енергетиці відбудеться лише тоді, коли ми зможемо здійснити масовий синтез молекул хлорофілу та процес фотосинтезу.

Однак, необхідно ще раз підкреслити, що при надзвичайно важливій ролі фотосинтезу в утворенні вільного кисню переважна кількість останнього у земній атмосфері (близько 99%) утворюється іншим шляхом. Ще раз повторимо, що головним його джерелом є розкладання водяної пари у верхніх шарах атмосфери під дією ультрафіолетових променів (фотодисоціація). Друге джерело утворення кисню – з атомів азоту під дією космічного випромінювання. Третій, менш важливий шлях, – надходження ядер атомів кисню в атмосферу у вигляді компонентів космічних променів.

Близьким за природою до фотосинтезу рослин у живій природі є хемосинтез, відкритий Виноградським С. М.

Загальною особливістю для всіх видів хемосинтезу є засвоєння вуглекислоти та побудова з неї органічних речовин за допомогою хімічних джерел енергії. Ці процеси, на відміну від фотосинтезу, не залежать від наявності або відсутності сонячного світла. Тут ми маємо справу не з фотосинтезом, а з своєрідною його імітацією.

Процес фотосинтезу поділяють на три фази:

- фотофізична – поглинання фотону світла та перехід його енергії в збуджений стан електронів;
- фотохімічна – перехід енергії збудженого стану електронів в енергію хімічних зв'язків;
- біохімічна – що включає процеси перетворення органічних речовин аж до утворення кінцевих продуктів фотосинтезу.

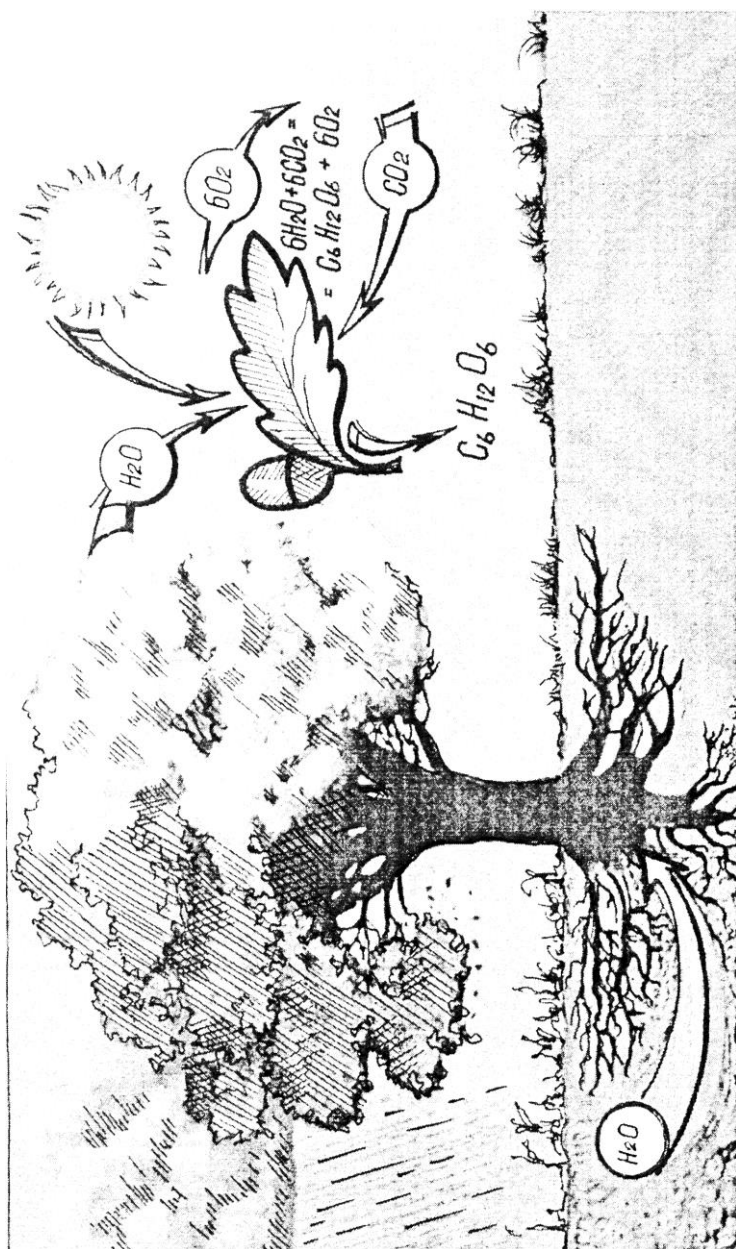


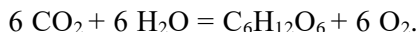
Рис. 1.12 – Схема процессу фотосинтезу

**Хемосинтез** – процес синтезу органічних речовин з вуглекислого газу за рахунок окислення аміаку, сірководню та інших речовин, що здійснюється мікроорганізмами у ході їх життєдіяльності.

(Реймерс М. Ф., 1990)

Реакції біохімічної фази відбуваються за участю ферментів і стимулюються температурою, тому її іменують також термохімічною. Частіше дві перші фази називають світловими, а біохімічну – темною, тому що для неї світло вже необов'язкове. Більш детально з процесом фотосинтезу доцільно ознайомитися за першоджерелами. Найбільш детально весь процес викладено у книзі Мережко О. І., Величко І. М. “Таємниці зеленої фабрики” (1990). У ній детально розглядаються природа та механізми фотосинтезу, шляхи його регулювання й інтенсифікації.

Спрощена формула фотосинтезу виглядає таким чином:



Таким чином, у процесі фотосинтезу утворюється найпростіший вуглевод – глюкоза. Про його нескладну будову свідчить його формула –  $\text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6$ . Для того, щоб упевнитися, що це дійсно проста сполука, досить привести формулу такого важливого структурного елементу живого, як жир. Його формула  $\text{C}_{57} \text{ H}_{110} \text{ O}_6$ . А молекула білка, що є основою життя, містить тисячі атомів. Наприклад, формула одного з них – гемоглобіну – виглядає так:  $\text{C}_{3032}\text{H}_{4816}\text{O}_{872}\text{N}_{780}\text{S}_8\text{Fe}_4$ . Причому це не найбільша органічна молекула.

Витрата енергії й води в процесі фотосинтезу відбувається вкрай неощадливо. Експериментально встановлено, що ККД фотосинтезуючої рослинності (тобто відношення витрати енергії на синтез біомаси до загальної кількості сонячної енергії, що надходить) дуже невеликий і звичайно не перевищує 0,1–1%. У сприятливих умовах величина цього коефіцієнту підвищується до декількох відсотків. Що стосується водних ресурсів, то продуктивність транспірації (відношення приросту ваги сухої біомаси рослин до витрат води на транспірацію за певний



проміжок часу) звичайно має величину від 1/200 до 1/1000 (частіше близько 1/300). Це означає, що така сильна транспірація не відповідає фізіологічним потребам рослини і є значною мірою марною витратою води (Максимов Н. А., 1926, 1940 та ін.).

Ці два фундаментальних факти вказують на те, що в природних умовах рослинний покрив освоює тільки незначну частину наявних енергетичних і водних ресурсів.

Які ж причини істотно обмежують використання природних ресурсів у синтезі біомаси?

Для з'ясування цього питання необхідно звернутися до аналізу механізму асиміляції вуглекислоти та транспірації (Будико М. І., 1977).

Орган асиміляції фотосинтезуючої рослини – лист – являє собою футляр зі щільної кутикулярної тканини, пронизаної безліччю малих отворів – продихів, які можуть відкриватися та закриватися. У цьому футлярі міститься досить велика поверхня хлоропластів, що мають у складі зерна хлорофілу. Поверхня хлоропластів сполучається з атмосферним повітрям через міжклітинники та продихи.

Важливо, що для розвитку процесу фотосинтезу поверхня хлоропластів повинна перебувати у зволоженому стані, оскільки вуглекислота може асимілювати тільки у вигляді водяного розчину. Тому відносна вологість повітря у міжклітинниках велика і звичайно значно перевищує відносну вологість атмосферного повітря.

Таким чином, дифузія вуглекислоти у лист із відкритими продихами неминуче супроводжується дифузією водяної пари у зворотному напрямку, тобто транспірацією рослин. Звідси й така непомірна витрата води.

Крім цього, колосальна енергія витрачається на підтримку різниці температур листа та повітря в літніх умовах. Зазвичай ця різниця сягає близько 5°C. Враховуючи таку різницю температур та прийнявши відносну вологість повітря 50%, а температуру повітря 20°C, нескладно підрахувати витрати енергії на асиміляцію. В умовах клімату помірних широт витрати можуть сягати 8% радіаційного балансу.

Встановлено також, що рослини зазвичай використовують тільки невелику частину можливого дифузійного притоку вугле-

кислоти (близько 10%). У чому причина цього явища? Любименко В. Н. (1935) відзначає, що причина полягає “не стільки в низькому вмісті  $\text{CO}_2$  в атмосфері, скільки в недостатньо швидкому темпі роботи ензиматичного апарату, що керує відтоком асимілятів та їх засвоєнням” (ензими – каталізатори білкової природи, які утворюються в живих організмах).

Знання фізичного механізму асиміляції та транспірації дозволяє пояснити, чому рослини так неекономно витрачають енергію і воду, та встановити співвідношення фотосинтезуючої продуктивності рослинності та продуктивності транспірації.

Згідно з Будико М. І. (1977) (його погляд бажано самостійно порівняти з іншими) загальний висновок можна зробити такий: «Рослинність взагалі використовує дуже незначну частину енергетичних і водних ресурсів. Ця частина мала навіть порівняно з тим невеликим ККД, що можна було б досягти при найбільшій можливості дифузії вуглекислоти з повітря. Отримані результати розрахунків показують, що у випадку повного використання атмосферної вуглекислоти рослинність може засвоювати не менше 5% сонячної енергії, що надходить, та що в цих умовах продуктивність транспірації повинна дорівнювати не декільком тисячним (як це зазвичай має місце), а декільком сотим. Оскільки у природних умовах таких високих показників ефективності фотосинтезу як правило не спостерігається, варто зробити висновок, що продуктивність рослини значно обмежена метеорологічними факторами на різних рівнях рослинного покриву, тобто особливостями фотосинтезу по вертикалі».

Встановлено, що в кожному шарі рослинності по вертикалі основні параметри відрізняються від приземного шару атмосферного повітря. Відрізняються по висоті також потоки короткохвильової та довгохвильової радіації, кількості водяної пари, рух повітря і т. ін. При цьому інтенсивність короткохвильової радіації зменшується з наближенням до земної поверхні. Радіаційний баланс також змінюється в цьому ж напрямку через екрануючий вплив рослин.

Потік водяної пари у шарі рослинного покриву зростає з висотою через транспірацію, а кількість руху повітря зменшується починаючи від верхньої границі рослинного покриву в напрямку до поверхні Землі внаслідок гальмуючої дії рослин-

ності (відбувається ослаблення турбулентного руху порівняно з більш високими шарами повітря).

Невід'ємним від фотосинтезу є поняття *фотосинтетично активної радіації (ФАР)*. Сонце випромінює широкий спектр випромінювання.

Саме ця радіація забезпечує фіксацію вуглецю в тканинах рослин за допомогою пігментів із групи хлорофілу. Ці пігменти зв'язують сонячну енергію тільки в діапазоні 400-700 нм.

**Фотосинтетично активна радіація (ФАР) – це та обмежена частина широкого спектру сонячної енергії, яку можуть використовувати рослини.**

Однак на цей діапазон приходить 44% всієї енергії Сонця, що досягає земної поверхні. Інша частина сонячного спектру не може слугувати джерелом енергії для земних рослин.

Випромінювання, що лежить поза межами діапазону ФАР, може виконувати роль фізіологічних стимуляторів або визначати які-небудь умови існування, але в жодному разі не може бути віднесене до ресурсів.

У темряві, коли дихання перевищує фотосинтез, чиста асиміляція від'ємна.

**Чиста асиміляція – реакція зеленого листа на зміну умов радіації, що надходить на Землю. Можна виміряти величиною приросту (позитивного або негативного) сухої маси органічної речовини (фотосинтез мінус дихання).**

**Точка компенсації – таке значення освітленості, при якому фотосинтез у точності урівноважує дихання.**

Насамкінець, ще раз підкреслимо, що всі види живих істот в остаточному підсумку використовують одну і ту саму форму енергії – енергію хімічних зв'язків. Будь-які прояви життя на планеті пов'язані зі споживанням хімічної енергії.

**Дихання рослин.** У загальному визначенні дихання – це процес, зворотний фотосинтезу.

**Дихання – процес розкладу глюкози на вуглекислий газ і воду з виділенням енергії:**



1 моль глюкози (180 г) виділяє 674 ккал енергії. Дихання займає важливе місце у життєдіяльності рослин. У ході цього процесу також утворюються різноманітні органічні речовини, які використовуються для синтезу білків та інших важливих сполук, а енергія – для різноманітних обмінних реакцій, полімеризації простих сполук у довгі ланцюги та ін.

Дихання здійснюється переважно у мітохондріях (від грец. *мітос* – «нитки», *хондріон* – «зерно»). Це протоплазменні включення, органели, що мають розміри 0,2-7,0 мкм. Ці складні за структурою утворення іноді називають “електростанціями”, “силовими станціями” або “легеннями кліток”. У мітохондріях синтезується білок, але найважливішою їх функцією у клітині є все-таки дихання.

Дихальні реакції діляться на два ступені. Перший – безкисневий, він здійснюється ще поза мітохондрією (анаеробне дихання), друге відбувається переважно у кристах, своєрідних структурах усередині мітохондрій. У результаті дихання утворюються етиловий спирт та інші сполуки, наприклад, оцтовий альдегід, оцтова кислота, молочна кислота.

У цілому в процесі дихання білки одночасно розкладаються до органічних кислот, а потім знову синтезуються, що сприяє їх фенотиповій (відповідно змін умов життя) і генетичній перебудові (відповідно виникаючих мутацій), якщо вони насичують популяцію рослин даного виду.

### **1.3 ГЕОСФЕРИ ЗЕМЛІ – ПЕРШОДЖЕРЕЛО ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГОЗНАЧУЩИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ**

**Екологія (узагальнена)** – наука про взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем, та взаємовідносини організмів між собою.

Розпочинати розгляд взаємодії організмів з навколишнім середовищем з аналізу впливу конкретних умов – факторів, що визначають особливості безпосереднього функціонування живих організмів без звернення до фундаментальних першоджерел планетології, а саме, основ існування планети Земля, навряд чи досягло б ефективного розуміння даної проблеми. Фундаментальні властивості планети Земля зумовлюють формування го-



ловного ланцюга причин та наслідків функціонування живої речовини на планеті. Перш за все, це взаємозв'язки і єдність астрономічних, кліматичних та інших явищ і процесів. Цей взаємозв'язок базується на механіці небесних тіл і на тепловій рівновазі планет в цілому та їх зовнішніх оболонок – геосфер (Некос В. Ю., Леонов А. Ю., 2004). Розгляд саме в цьому аспекті допоможе зрозуміти, чим же визначається «зручність» нашої планети, нашої великої домівки, і зрозуміти чому у функціонуванні живого діють саме такі особливості, а не інші.

Адреса Землі добре відома – це наша Галактика, або Чумацький шлях, який на нічному небі виглядає білуватою, ледве помітною смугою, адже складається зі скупчення слабких зірок, які не сприймаються людським оком окремо одна від одної, і сприймається як «туманність». Вчені стверджують, що Всесвіт побудований надзвичайно зручно для людини (Соловйов В. А., Соловйова Л. П., 2005). На планеті Земля в умовах Сонячної системи склалися найбільш сприятливі умови для виникнення та розвитку життя, що забезпечуються повними характеристиками геосфер Землі – гравісфери, магнітосфери,

атмосфери, гідросфери, кріосфери, педосфери, псамосфери, літосфери, мантії та ядра. Зрозуміло, що саме вони певним чином зумовлюють особливості функціонування живої речовини на Землі.

Так, завдяки властивостям гравітаційних сил, Ньютон сформулював закон Всесвітнього тяжіння: «сила взаємного тяжіння будь-яких двох тіл, розміри яких значно менше відстані

**Геосфери Землі – більш-менш правильні концентричні шари, що охоплюють усю планету, змінюються з глибиною, у вертикальному розрізі планети, і відрізняються один від одного характерними для кожного, тільки йому властивими, особливими фізичними, хімічними, біологічними властивостями.**

**(Вернадський В. І., 1954)**

між ними, пропорційна добутку цих тіл і зворотно пропорційна квадрату відстані між цими тілами». Коефіцієнт пропорційності називається **гравітаційною сталою**, яка дорівнює  $6,673 \cdot 10 \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{с}$ . Так ось саме сталість цього коефіцієнта визначає сприятливі умови для існування життя на Землі. Дійсно атмосфера, гідросфера, літосфера, мантія і ядро Землі постійно знаходяться під впливом гравітації, а тому останні визначають саме життя (Григор'єв В. І., М'якішев Г. Я., 1983), бо воно виникло у визначеному гравітаційному полі. Вперше ідею щодо ролі гравітації в біології виказав в 1882 році Ціолковський К. В. у статті «Биология карликов и великанов». У 1960 році Бровар В. Я. опублікував книжку «Сила тяжести и морфология животных», де на прикладі сільськогосподарських тварин аналізується зв'язок анатомії їх тіла з гравітацією. В 1971 році Коржуєв Г. А. в праці «Эволюция, гравитация, невесомость» показав зв'язок гравітації і еволюції на конкретних прикладах. Автор доказав, що фактор переборювання гравітації тварини здійснюють за рахунок скелета, який забезпечує механічну міцність організму і рівень його енергетичних затрат. Підтримувати вагу свого тіла, тобто переборювати гравітацію, допомагає кістковий мозок. У процесі еволюції життя тварин маса кісткового мозку поступово збільшувалася, досягнувши у птахів і ссавців 13 % маси тіла

(Соловійов В. А., Соловійова Л. П., 2005).

Більш відомий вплив на життєдіяльність людини і тварин магнітосфери. Це, перш за все, відома орієнтація тварин при міграції на магнітне поле, вплив магнітних бур на самопочуття людини, полярні саява і т. ін. Магнітосферні бурі і полярні саява, вірогідно, впливають на все живе, між тим, характер цих впливів не завжди зрозумілий. Напевне, вони викликають аномалії в поведінці тварин під час їх міграції. Наявність у тварин місць, де розташовується точка сприйняття електромагнітних полів, виявлено у морських черепах, акул і навіть у мурашок.

Окрім магнітосферних бур на стан здоров'я людини впливають так звані *геопатогенні зони*.

Їх природу пояснює фрактальна фізика. За рахунок електромагнітної природи тяжіння та магнітної дії між Сонцем та Землею створюються вихрові зони. Ці зони мають магнітне поле, яке має в цілому слабкі електромагнітні зв'язки. Але разом

**Геопатогенна зона – це ділянки поверхні, що концентрують електромагнітне випромінювання фізичних полів землі і негативно діють на здоров'я людей.**

з тим, в деяких регіонах Землі ці зв'язки стають дуже сильними. Неумивакін І. П. та Неумивакіна Л. С. (2004) вважають, що саме вони обумовлюють різні катаклізми: землетруси, повені, конфліктні ситуації між людьми, що тісно пов'язані між собою. Про це буде розмова пізніше у розділі «Неоекологія». Для більш допитливих додаємо, що не тільки сучасне магнітне поле надзвичайно важливий в екологічному відношенні, але і палеомагматизм. Останній пов'язують зі змінами клімату на землі, наступом льодовикових або міжльодовикових епох і т. ін.

Та все ж, аналізуючи магнітне поле, необхідно підкреслити найголовніше – магнітне поле захищає все живе на нашій планеті від згубної дії космічних променів (Некос В. Ю., Леонов А. Ю., 2004; Соловійов В. А., Соловійова Л. П., 2005).

**Атмосфера** є дійсно колискою життя усього живого. Саме фізичні параметри атмосфери визначають особливості життя і

здоров'я людей. Важко знайти якийсь фізичний параметр атмосфери, який би не був вирішальним для того чи іншого живого організму. Фізика атмосфери досить детально охарактеризована у іншому навчальному посібнику Некоса В. Ю., Леонова А. Ю. (2004), написаному спеціально для екологів та в інших багатьох літературних джерелах, тому повторювати тут не доцільно. Нагадаємо лише, що найголовнішими характеристиками фізичного стану атмосфери, що визначають особливості функціонування живої речовини, є наступні: щільність, атмосферний тиск, температура, вологість, вміст твердих та рідких домішок. Усі ці характеристики змінюються як по вертикалі (у міру підймання від земної поверхні), так і по горизонталі (при русі по широті або довготі), причому найзначніші зміни відчуються у вертикальному напрямку. Підкреслимо, що циркуляція атмосфери визначається сонячною радіацією, яка надходить. Нерівномірність нагрівання Землі, орографічні особливості підстилаючої поверхні, а також відцентрова сила, пов'язана з обертанням Землі, – усі ці фактори складають механізм, що приводить у рух гігантську машину атмосферної циркуляції, яка має певні сезонні особливості.

Розглядаючи навколишнє середовище як арену існування живої речовини, не можна не підкреслити особливості фізичних процесів в атмосфері великих населених пунктів, де мешкає надзвичайно велика кількість людства. У наш час в усіх містах з населенням понад 100 тис. чол. під впливом антропогенних факторів сформувалася хмара («капельх») домішок у вигляді серпанку, що оточує місто. Хмару заввишки від сотень метрів до 2 км можна добре бачити при підльоті з околиць. Забруднюючі речовини у повітряному басейні міста, разом із властивостями земної поверхні, викликають певні зміни в полях температури та вологості повітря, швидкості вітру, радіації, видимості, кількості опадів, умовах формування хмар та туманів. Наприклад, альbedo міста на 4-6 % менше ніж у сільській місцевості. Саме забруднення, а також прибирання снігу у містах викликає зміни альbedo. Розглядаючи забруднювачі повітря, автори вважають, що неоекологічною проблемою номер один є проблема **пилу**. Пил створює додаткове навантаження на організм, послабляючи



захисні сили організму і відповідно збільшує захворюваність, перш за все, дихальної та серцево-судинної систем.

Серед атмосферозумовлених екологічних проблем не можна не згадати *проблеми парникового ефекту та озонowego шару*. Не дивлячись на те, що співвідношення природних та штучних впливів на формування парникового ефекту та озонowych дір не мають однозначного вирішення, значення їх для функціонування життя на нашій планеті не зменшується.

На завершення підкреслимо, що названі головні фізичні характеристики атмосфери та деякі атмосферозумовлені екологічні проблеми зазвичай не охоплюють усього різноманіття питань великого розділу «атмосфера та екологія», але мабуть доцільно певним чином звузити їх розгляд і констатувати, що метеоумови нерідко є визначальними у життєдіяльності людини.

На думку Вернадського В. І., «вода стоїть окремо в історії нашої планети» і «картина видимої природи визначається водою» людини і взагалі все живе скрізь супроводжує **вода** – на Землі, під Землею у космосі тощо.

За енциклопедичним словником *гідросфера* – це сукупність всіх водних об'єктів Земної кулі: океанів, морів, річок, озер, водоймищ, боліт, підземних вод, льодовиків і снігового покриву. Якщо масу гідросфери рівномірно розподілити по поверхні планети, то вона вкрий її шаром 3000 м завтовшки. З іншого боку, якщо згадати загально відоме порівняння Землі з яйцем, то земна кора є шкарлупою, а гідросфера – найтонша плівка – менше мікрона завтовшки (Лосєв К. С., 1989). Ось що являє собою арена існування живої речовини. Наша планета – це планета води, а не планета земної тверді, адже понад 3/4 її площі займають водні поверхні океанів, льодів на суходолі і морів, озер, боліт на континентах, над планетою плывуть хмари, скупчення пароподібної води. Вода є в порах і тріщинах Землі, нібито вода пронизує оболонку Землі. Вода всюди! Вона в повному розумінні наповнює рослини і тварини. Нагадаємо, що людина на 70% складається з води. До речі, величезні маси води є і на інших планетах: крижані шапки на полюсах Марса, цілком вкриті кригою супутники Юпітера, Сатурна тощо. Як бачимо, вода буває в різних станах або фазах: *в твердому (крига), рідкому (власне вода), газоподібному (пара)*. Перехід води із одного

агрегатного стану в інший для живої речовини визначає існування останньої. Кожний агрегатний стан має свої фізичні характеристики. Розгляд їх – це завдання інших наук. Тут лише нагадуємо, що в аспекті, який розглядається, в згадану вище арену включаються води суходолу, до яких відносяться: підземні води (7% всієї маси гідросфери); снігово-крижані об'єкти з морською кригою; сніговий сезонний покрив і так звана «мала» складова гідросфери – вода озер, річок, водна пара в атмосфері. Існує і інша традиційна класифікація, згідно з якою виділяють наземну гідросферу (вище поверхні Землі) і підземну гідросферу. До підземної гідросфери, або гідролітосфери, відносять усю сукупність підземних вод, яка зосереджена в осадовому та гранітному шарах, тобто до границі Конрада. Це на континентах близько 20 км глибини.

Про роль і значення води в життєдіяльності людини свідчить наступне. Людина за життя лише в процесі харчування споживає в середньому 60 т поживної вологи. Додайте до цього ще 300 т води для задоволення інших потреб і вийде, що кожному з нас необхідно 360 т води. Для вирощування одного кілограма м'яса необхідно 20 т води, а для вирощування 1 кг рослинної їжі (зерна, овочів) потрібно в середньому 2 т води. Про значення води свідчить і те, що вона вибрана у якості еталона одиниць виміру температури, тепла і маси. Так, температура кипіння прийнята за 100° С, замерзання - 0° С. Маса 1 см<sup>3</sup> води названа грамом і т. ін.

Не слід забувати, що вода може бути і надзвичайно небезпечною. Нагадаємо про вітрові хвилі, які викликають стихійні лиха; тайфуни і урагани; припливи та відпливи, які відчутні у прибережній зоні; морські та океанічні течії, які впливають на рибний промисел, на клімат конкретної місцевості; цунамі, що виникають у результаті землетрусів і вулканізму; повені та паводки, селі чи мури (у гірській Швейцарії), коливання рівня озер, що яскраво спостерігається на Каспії та Аралі, обвали та осипи – як форми рухливості мас порід на схилах; суфозія і карст – як результат механічного та хімічного впливу ґрунтових вод на тіла, що їх вміщують, і т. ін. Звичайно ж не всі явища й процеси спостерігаються в межах України, та все ж їх вивчення необхідне.

**Педосфера** забезпечує виникнення та існування біосфери. Педосфера тісно взаємодіє також з іншими геосферами – атмосферою, гідросферою, літосферою. Саме ґрунт є постачальником хімічних сполук, що перетворюють тверді породи на розсипчасті утворення кори вивітрювання. Ґрунти беруть участь у формуванні водного балансу Землі шляхом визначення випаровування води з поверхні. Від ґрунтів залежить і баланс підземних вод. Залежно від типу ґрунтів здійснюється збагачення підземних вод відповідними хімічними елементами, сполуками, утвореннями. Так, фільтрація води через торф'яні і підзолисті ґрунти забезпечує збагачення її органікою, каштанові ґрунти і солончаки збагачують ґрунтові води солями і т. ін.

Ґрунти – регулятор газового складу атмосфери і, перш за все, тропосфери. Ґрунтове повітря в 10-100 разів має більше  $\text{CO}_2$ , ніж тропосфера. Особливо важливим для дослідження проблеми накопичення важких металів у рослинній продукції, яку споживає повсякденно населення, є те, що шар ґрунту в 20 см обмінює своє повітря з атмосферою за декілька годин.

Поглинання газів, що виділяються з глибин Землі, – також одна з екологічних функцій ґрунтів.

Ґрунти є захисним бар'єром акваторій, бо на шляху до них вони поглинають значну кількість небезпечних сполук. Відомі випадки, коли при фільтрації стічних вод в шарі ґрунту 15-30 см затримувалося до 95 % забруднювачів. Для умов України однією з найбільш важливих екологічних проблем є *ерозія ґрунтів* та *дефляція* (пилові бурі). Ці два надзвичайно небезпечних явища, з яких перше обумовлено дією дощових та талих вод, а друге – вітром, погіршують склад і структуру ґрунту, викликаючи пряме знищення ґрунтового покриву та зменшення запасів поживних речовин.

На завершення додаємо, що суттєву шкоду педосфері чинить антропогенна діяльність у вигляді створення кар'єрів, відвалів, різноманітного будівництва, спорудження ліній електропередач, трубопроводів і т. ін. Належну роль необхідно віддати забрудненню ґрунтів агрохімікатами, пестицидами, дегуміфікації ґрунтів внаслідок розорювання та меліорації.

Решта відомих геосфер, а саме: **кріосфера, мантія і ядро** в межах України або не мають достатнього розповсюдження, або не виконують активних екологічних функцій, або не є суттєвою

ареною існування живої речовини, що вимагає безпосереднього розгляду чи аналізу. У зв'язку з цим, для формування не тільки регіональних, але і глобальних знань наведемо лише деяку інформацію щодо вищезгаданих геосфер.

**Кріосфера** відіграє надзвичайно важливу роль у термо-регуляції планети. Основними складовими кріосфери є, перш за все, лід та сніг. Відомо декілька різновидів льоду (існує космічний лід, тобто лід планет і супутників). З точки зору екології, важливим є ще і те, що лід володіє властивістю витіснити з решітки різні домішки і не допускає всередину будь-які інші молекули, крім молекул води. Вода, отримана зі снігу і льоду, відрізняється виключною чистотою. При випадінні дощу з льодинок хмари здійснюється очищення води. Лід володіє пружністю і пластичністю. За типом температурної залежності електропровідності лід схожий на напівпровідник.

Загальна маса снігу та льоду на поверхні Землі складає 0,0004 % від маси Землі, але цього досить щоб покрити всю поверхню планети 53-метровим шаром, або коли вони розтануть, то рівень океану піднявся б на 64 м. У льодових покриттях полярних областей, і в горах знаходяться 99 % снігу та льоду. Загальна площа льодовиків і вічної мерзлоти складає 25 % усієї суші, а якщо врахувати сезонний сніг та лід, то – 30-35 % (снігові сезони тривають більше півроку). Таким чином, лід і сніг присутні майже в усіх кутках Землі і мають до життя людей пряме відношення. Соловйов В. А., Соловйова Л. П. (2005) наводять деякі дані стосовно наявності на Землі снігу та льоду (табл. 1.1).

Як відомо, льодовики рухаються. Процес руху супроводжується руйнуванням, переносом і накопиченням матеріалу. Це так звана екзарация. З цим процесом пов'язане утворення нових форм рельєфу і відкладень. Покривні льодовики утворюють по своїх краях, в областях живлення водно-льодовиковими (флювіогляціальними – від лат. «флювіо» – річки і «гляціо» – лід) потоками: зандри, ози, ками. Для гірських льодовиків характерні кари, цирки. В залежності від місця скупчення ламаного матеріалу утворюється певний тип морени – бокова, серединна, кінцева та інша. В межах кріолітозони існують нагорні тераси, куруми, соліфлюїкційні тераси, термокарстові форми, форми пучення та ін.

На завершення не можна не акцентувати увагу майбутніх екологів на проблемах прогнозу зледенінь. Не дивлячись на те, що більшість вчених вважають неминучим наступ зледенінь у майбутньому, зараз ми наочно спостерігаємо і читаємо в літера-

**Таблиця 1.1**

**Сніг і лід на Землі**

Форми існування снігу та льоду	Маса		Площа	
	г	%	км <sup>2</sup>	%
Льодовики	$2,389 \cdot 10^{22}$	98,95	$1,621 \cdot 10^7$	10,9 (від площі суші)
Льодовий панцир Антарктиди	$\left\{ \begin{array}{l} 2,14 \cdot 10^{22} \\ 2,14 \cdot 10^{22} \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 80,66 \\ 9,80 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,389 \cdot 10^7 \\ 1,726 \cdot 10^6 \end{array} \right\}$	85,73
Льодовий панцир Гренландії				10,65
Інші льодовики	$1,29 \cdot 10^{20}$	$\frac{0,54}{100,00}$	$5,88 \cdot 10^5$	$\frac{3,63}{100,00}$
Вічна мерзлота	$(2-5) \cdot 10^{20}$	0,83	$2,10 \cdot 10^7$	14,1 (від площі суші)
Морський лід	$3,483 \cdot 10^{19}$	0,14	$2,60 \cdot 10^7$	7,2 (від площі світового океану)
Снігові покриви	$1,05 \cdot 10^{19}$	0,04	$7,24 \cdot 10^7$	14,2 (від площі всієї земної поверхні)

				)
Айсберги	$7,65 \cdot 10^{18}$	0,03	$6,35 \cdot 10^6$	1,87 (від площі світового океану)
Лід в атмосфері	$1,68 \cdot 10^{18}$	0,01	$5,10 \cdot 10^8$	100 (від площі всієї земної поверхні )

турі про підвищення температури. Що ж насправді? У авторів відсутня можливість зупинитися на цьому цікавому питанні, не дивлячись на те, що для еколога воно надзвичайно важливе. Літератури з цього питання досить багато, тому тим, хто цікавиться, є можливість звернутися до неї. Тут наведемо лише наступну інформацію. Зараз людство існує в період міжзледеніння. Сучасна тепла епоха розпочалася близько 10000 років тому і за статистикою вона вже вступила у свій заключний етап. Температура поступово починає знижуватись і людство вступає у так званий малий льодовиковий період.

Американський кліматолог Мітчелл М. в 1963 році, проаналізувавши 100-річні дані, прийшов до висновку, що після 1939 року температура знизилася на  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Але, як відомо, тенденції мають властивості змінювати знак на протилежний, і вже до середини 1970 р. стало незрозуміло, чи продовжиться тенденція до похолодання, яка спостерігається з 1940 р. Все-таки вчені схиляються до думки, що похолодання продовжиться і через 23000 років зледеніння досягне наступного максимуму (Соловйов В. А., Соловйова Л. П., 2005). У той час дія антропогенного фактору ускладнює прогноз. В атмосфері збільшується кількість  $\text{CO}_2$  і в майбутньому завдяки цьому температура буде підвищуватися, а це дійсно може призвести до катастрофічних наслідків. З геологічних позицій, вважають Соловйов В. А., Соловйова Л. П. (2005), атмосфера вивільниться від надлишку

CO<sub>2</sub> через 1000 років. Таким чином, початок нового зледеніння зміститься на 2000 років.

**Літосфера**, згідно з геофізичними методиками, складається з трьох геофізичних сфер – земної кори, мантії та ядра. Земна кора – це частина твердої Землі, що знаходиться над поверхнею Мохоровичича. В ній, згідно з новою сейсмометричною моделлю, можуть бути виділені такі різновиди, як «гранітний», «діоритовий» та «базальтовий» шари.

Відомо, що найбільш суттєвою особливістю земної кори є її різниця в потужності на континентах і під океанами. На континентах – до 70 км, під океанами – 5-10 км. У зв'язку з цим виділяють два типи кори: континентальний – *трьохшаровий*, і океанічний – *двошаровий* (Соловйов В. А., Соловйова Л. П., 2005).

Серед найбільш екологізуючих явищ слід підкреслити такі явища, як *сейсмічність та вулканізм*. Сейсмічність – це добре відоме явище землетрусів, тобто різких коливань земної кори. В сейсмології за глибиною розрізняють корові (дрібнофокусні) і мантіїні (глибокофокусні) землетруси. Таким чином, кора і мантія Землі для глобальної екології важливі як об'єкти, де зароджуються осередки землетрусів.

Свідченням екологічної небезпеки є те, наприклад, що за оцінкою сейсмолога Мільна Дж., сильні землетруси за останні 4 тис. років згубили близько 13 млн. людей. За числом жертв землетруси випереджають виверження вулканів, повені і поступаються лише тайфунам. У 1976р. в результаті тільки одного Хебейського землетрусу в Китаї загинуло 600 000 людей.

Що до вулканізму, то розрізняють поясний і площинний магматичний вулканізм. Поясний – це вулканізм у формі ланцюгоподібного розташування вулканів у гірських пасмах. Площинний вулканізм – це покриви базальтів на Землі. Земля на 2/3 покрита чорним кам'яним панциром базальтових лав. На інших планетах також зафіксовані значні території покриті базальтовими лавами, але немає планети, крім Землі, де базальтова шкарлупа покриває планету на 70% її площі.

Особливою формою прояву вулканізму є *грязьовий вулканізм*. Останній характерний і для території України. Грязьовий вулканізм – це явище виверження грязі, газу і нафти на поверхню Землі. Він пов'язаний не з магматизмом, а з процесами

нафтонакопичення. Грязьові вулкани розташовуються в осадовому шарі. Звичайно, що виверження грязі і солей впливає на оточуюче середовище і, відповідно, не може не цікавити екологів. В Україні грязьові вулкани функціонують на Керченському півострові, в Росії – на Апшероні і Тамані. В північній Італії відомі «сальзи», на острові Сицилія ці вулкани відомі під назвою «макалуба».

**Мантия** є перехідною зоною між земною корою та ядром Землі. Верхня її межа збігається з поверхнею Мохо, а нижня – межа Вехерта-Гутенберга, яка проходить на глибині 2900 км. Виділяють верхню, середню та нижню мантиї. За будовою вони досить неоднорідні. Для екології особливо важлива у верхній мантиї так звана *астеносфера*, де речовина перебуває в підплавленому стані (Некос В. Ю., Леонов А. Ю., 2004). Саме в астеносфері зароджуються вулкани. Це верхня частина мантиї, що залягає над астеносферою, і разом з земною корою утворюють літосферу. Частини літосфери відділені розломами (активні зони сейсмічності і вулканізму) називають *літосферними плитами*. Таким чином, поняття «літосфера» і «земна кора» в сейсмологічній моделі Землі – це різні поняття: літосфера включає земну кору і частину верхньої мантиї, до астеносфери – шару більш низьких швидкостей (Соловійов В. А., Соловійова Л. П., 2005).

Рухомою силою вулканізму, що зароджується в астеносфері, є теплова енергія земних надр. При сприятливих значеннях температури і тиску тут здійснюється розплавлення речовини.

Виверження вулканів відносять до катастроф. Але слід підкреслити, що катастрофічні наслідки обумовлені не стільки силою виверження, скільки особливостями розташування населених пунктів. Людські жертви, як правило, значно менші ніж при землетрусах, але екологічно значущий вулканічний пил в атмосфері, який суттєво впливає на клімат.

Ядро пов'язане з життям через магнітне поле, яке генерує і впливає на біосферу. Ядро – термохімічний реактор, що впливає на розподіл температури в землі, генерацію води в мантиї і трансформацію її до поверхні. Фізичні умови в ядрі екстремальні: тиск 1,3-1,5 млн. атм., температура 4-5 тис. град. С.

Підкреслимо, що генезис геомагнетичного поля визначається магнітогідродинамічними процесами в рідкому ядрі. Гіпотеза



гідромагнітного диполу детально розглядається в посібнику Некоса В. Ю., Леонова А. Ю. «Фізика геосфер» (2004). Розгляд геосфер Землі доцільно завершити характеристикою біосфери.

Уперше термін «біосфера» запропонував Ламарк Ж. Б. (1802). У науку термін «біосфера» запровадив Зюсс Е. (1875), розуміючи її як особливу земну оболонку, охоплену життям. Сучасне уявлення про біосферу сформоване Вернадським В. І. (1926).

***Біосфера – нижня частина атмосфери, уся гідросфера та верхня частина літосфери Землі, населені живими організмами, „область існування живої речовини”.***

**(Вернадський В. І.)**

Межі біосфери: в атмосфері – до шару озону (25 км над рівнем моря), у гідросфері – до максимальних глибин океану (11 км), у літосфері – до залягання нафтоносних шарів, що складає за одними даними 3 км, за іншими – 8-10 км (рис. 1.13).



Біосфера виникла з появою життя близько 4 млрд. років тому. Вона включає організми (3 млн. видів) і їх рештки, зон атмосфери, гідросфери, літосфери, населених та видозмінених цими організмами, живої речовини, біогенних речовин (продукти життєдіяльності організмів, осадові породи органічного походження), біокосної речовини (продукти розпаду та переробки гірських порід), косної речовини (гірські породи магматичного та іншого неорганічного походження, перероблені та видозмінені живими організмами), речовини космічного походження.

**Особливість біосфери – біогенна міграція атомів хімічних елементів, викликана енергією Сонця та енергією, що бере участь у процесах обміну речовин, зростанні, розмноженні організмів.**

Як видно з наведеного, вже у визначенні структури біосфери існують деякі протиріччя. Звернемо увагу ще на деякі відмінності, що існують як у визначенні терміна, так і у визначенні структури.

Наприклад, Будико М. І. (1977) вважає існування такої структури: атмосфера, гідросфера, ґрунти, живі організми. Наведемо ще деякі інші визначення поняття “біосфера”. За визначенням Ковди В. А. (1971) біосфера – це зовнішня оболонка земної кулі, у якій розвинулося життя великої кількості різноманітних організмів, що заселяють поверхню суші, ґрунти, нижні шари атмосфери та гідросфери, і створюють надзвичайно складну загально планетарну, термодинамічну відкриту саморегулюючу систему живої та неживої речовини (Голубець М. А., 1995).

Отже, біосфера, з одного боку, складається із великої кількості різноманітних систем, між якими існують тісні матеріально-енергетичні та інформаційні зв'язки; з іншого боку – її структурно-функціональна організація визначає будову та режим роботи всіх підпорядкованих їй систем, у тому числі популяцій і навіть окремих організмів (Вернадський В. І., 1967; Камшилов М. М., 1974; Ковда В. А., 1975; Шмальгаузен І. І., 1968).

На явища саморегулювання у біоценозі звертає увагу також Тюрканов А. Н. (1970). На його думку основний механізм стабі-

лізації біоценотичного процесу перебуває в ґрунтах, а надійність роботи біогеоценозу як складної системи прямих і зворотних зв'язків між його ланками забезпечується ґрунтовими організмами, які здійснюють деструкцію та реутилізацію метаболітів вищих рослин. Уявлення про всі складові біосфери, їх взаємозв'язок, про ускладнення і узагальнення добре викладено у книзі відомого дослідника Міллера Г. Т. «Життя у навколишньому середовищі» (1996).

Ці доповнення до раніше отриманих знань, а також самостійна робота студентів над літературними джерелами забезпечать фундаментальні знання про глобальну екосистему – біосферу. Але вони не будуть повними, якщо не будуть детально висвітлені питання перетворення сонячної енергії у біосфері. Бо усі природні процеси за рідкісними винятками обумовлені сонячною радіацією, що є єдиним джерелом енергії для їх функціонування.

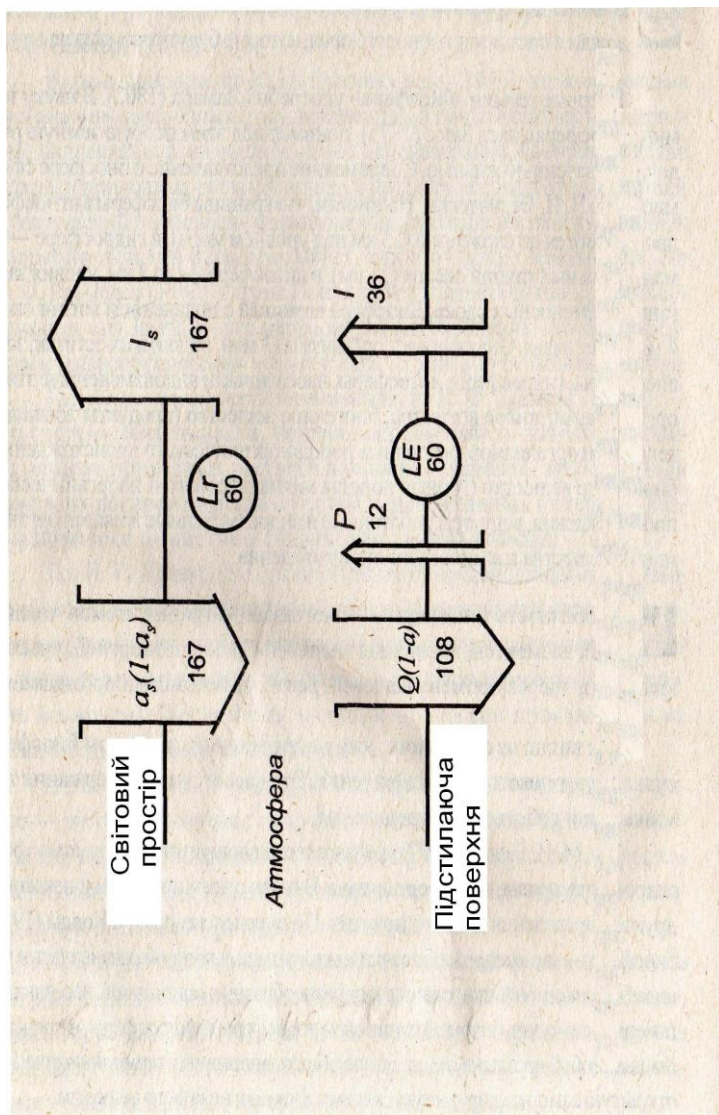
Це питання досить повно висвітлене в літературі, яку необхідно опрацювати самостійно. Тут ми підкреслимо лише наступне. У середньому потік сонячної радіації, що досягає Землі, приблизно становить  $1000 \text{ ккал/см}^2$  у рік (рис. 1.14). Внаслідок кулястості планети на одиницю поверхні зовнішньої границі атмосфери надходить  $1/4$  від загальної величини потоку – близько  $250 \text{ ккал/см}^2$  на рік, причому приблизно  $170 \text{ ккал/см}^2$  на рік поглинається поверхнею Землі. Земля, в свою чергу, нагріває атмосферу і обумовлює виникнення різних атмосферних процесів. З характером функціонування атмосфери тісно пов'язані також особливості життєдіяльності всього живого.

Вологообіг у біосфері складається з обміну води між гідросферою, атмосферою, верхніми шарами атмосфери та живими організмами (нижче ми будемо детально розглядати кругообіг води). Процес вологообігу описується рівнянням водного балансу, яке складено для різних компонентів біосфери.

Детальніше тепло- та вологообіг розглядаються навчальною дисципліною “Метеорологія і кліматологія”. Доцільно також звернутися до книги Будико М. І. “Глобальна екологія” (1997).

Особливо слід підкреслити вузькість температурних меж існування цивілізації, які знаходяться в межах зміни температури від  $+3...+4$  до  $-2...-3^\circ\text{C}$ .

Еволюція біосфери простежується за допомогою чисельних моделей. На сучасний момент вони дуже схематичні, тому що



**Рис. 1.14** – Енергетичний баланс Землі. Складові енергетичного балансу наводяться в ккал/см²·год (за Будико М. І., 1997)

біосфера – це надзвичайно складна система, і нам відомі лише окремі істотні особливості. Велике значення для обґрунтування згаданих моделей мають матеріали про зміни біосфери та її головних компонентів у минулому. Вивчення цих змін за допомогою чисельного моделювання дає можливість виявлення причинно-наслідкових механізмів розвитку біосфери. Наприклад, встановлено, що зміна маси вуглекислого газу пов'язана з рівнем вулканічної активності (Будико М. І., 1977) і т. ін.

Найменшого значення за весь фанерозой вміст вуглекислого газу досяг наприкінці пліоцену, а початок цього процесу відзначено в середині крейдяного періоду, причому він помітно прискорився в олігоцені та на початку пліоцену. Змінювався також і вміст кисню у фанерозої. Велика кількість кисню утримувалася в атмосфері верхнього девону-карбону, а також верхнього юрського та крейдяного періодів. Найбільше зниження маси кисню спостерігалось у тріасі. Посилення вулканічної активності у ряді випадків спричинялося зменшенням маси кисню.

Взагалі встановлена пряма залежність загальної маси живих організмів від концентрації вуглекислого газу.

Прогнозується продовження зниження концентрації вуглекислоти в атмосфері, що буде супроводжуватися поступовим зменшенням продуктивності автотрофних рослин і зменшенням загальної маси живих організмів на Землі. Одночасно із цим буде поступово розширюватися зона полярного зледеніння (Будико М. І., 1977).

Виклавши прогноз Будико М. І., є можливість акцентувати увагу на черговому протиріччі – в останні роки в літературі з'являється все більше свідчень про те, що полярна крига інтенсивно тане не тільки по краях заледеніння, але і в його центральній частині. Отже, факти свідчать про зменшення, а не збільшення полярного заледеніння. Не виключено, що це лише мікроцикл на фоні макроциклу. У цій проблемі необхідно творчо розібратися, бо зрозуміло, що розв'язання проблеми не лежить на поверхні.

На завершення необхідно хоча б дуже коротко зупинитися на віддзеркаленні дій людства щодо катастрофічного погіршення стану біосфери.

Людина, постійно працюючи над підвищенням свого добробуту, дедалі більш негативно впливає на біосферу і зокрема на природу, довкілля.

Едберг Р. та Яблоков О. у своєму діалозі “Важкий шлях до воскресіння” підкреслили: «Цілком очевидно, що ми швидко прийдемо до екологічного краху, якщо й надалі будемо так само жадливо поводитись з нашою планетою. Є три (щонайменше) екологічні загрози, різні, але тісно пов’язані між собою.

- По-перше, це зростаючий тиск на земну кулю з його обмеженими ресурсами з непомірно зростаючою чисельністю людства.
- По-друге, марнотратство речовин, що видобуваються, які відіграють скороминуче значення у нашому повсякденному побуті.
- По-третє, знищення та отруєння всього, що уможливлює життя.

Все це є не меншою загрозою майбутньому людства, ніж ядерна зброя.

Трохи інакше розглядається це питання в документах ЮНЕСКО. Воно викладено в бюлетені «Контакт» за 1993, № 1, де підкреслюється, що глобальне екологічне середовище **радикально змінилося протягом життя останнього покоління**. Більше того, глобальне навколишнє середовище змінилося набагато швидше, ніж у будь-який інший порівняно такий проміжок часу в історії. Одним із головних джерел цієї динаміки є людина, яка значно прискорює процеси в біосфері. Сільське і лісове господарство, виробництво енергії, збільшення чисельності населення з його соціально-економічними наслідками значною мірою відповідальні за зміни в екосистемах Землі, що знайшли відбиття у глобальному потеплінні, порушенні озонового шару, зменшенні біорізноманіття, а також в інших змінах, які перейшли національні кордони та повинні розглядатися в глобальній площині.

Незважаючи на протиріччя поглядів щодо аспекту впливу на зміни у навколишньому середовищі, назріла нагальна потреба в укладанні широких міжнародних угод щодо вирішення ключових проблем екології. Оскільки це здебільшого проблеми сучасної екології (неоекології), а не традиційної, розглянемо їх у другій частині підручника.



## 1.4 ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ, ФАКТОРИ, РЕСУРСИ

Основною метою даного розділу – усвідомлене розрізнення умов, факторів і ресурсів, розуміння причин змішування цих понять, класифікація, засвоєння нових понять, пов'язаних з умовами, факторами та ресурсами.

Основна проблема полягає в тому, що як у російськомовній, так і в закордонній науковій літературі відсутнє точне термінологічне розмежування понять «природні умови» та «ресурси». Як більш загальне поняття, що відображає всю сукупність елементів природного оточення (нерідко включаючи також суспільні елементи) людини, застосовуються терміни «*environmental*» (англ.) або «*milieu*» (франц.), адекватні поняттю «природне середовище». Проте, існує необхідність розмежування поняття «умови», «фактори» та «ресурси», тому що ці поняття тісно взаємопов'язані, але зовсім не ідентичні. Сплутання або не розмежування цих понять, мабуть, пов'язано з тим, що найчастіше один і той же фактор можна розглядати і як умову, і як ресурс.

Наприклад, кисень є енергетичним ресурсом для більшості суходільних тварин, але для риб вміст кисню у воді можна розглядати і як показник умов життя.

Тому стає зрозумілим, чому Бігон М. та співавтори (1989) у поняття “умови” включають також поняття “фактори”. Так, умови, за Бігоном М. та ін., – це змінний у часі та просторі абіотичний фактор середовища існування, на який організми реагують по-різному залежно від його сили. Проаналізуйте самостійно, але уважно це визначення, і ви легко виявите безліч “незрозумілостей”. Наприклад, чому “умови” – це тільки зміни абіотичного фактору? Адже відома ціла сукупність природних та інших факторів, у тому числі абіотичні, біотичні та антропогенні.

**Умови – середовище, у якому перебувають і без якого не можуть існувати предмети, явища; те, від чого залежить інше.**

Доцільно ознайомитися із загальнонауковим визначенням поняття “умови” для того, щоб самостійно оцінити правомір-

ність того або іншого поняття, де як родовий терміноелемент виступають “умови” (наприклад, “екологічні умови”, “умови існування (перебування)” і т. ін.).

**Умови мешкання (існування) – це сукупність природно-натуральних факторів та особливостей існування організмів, що включає абіотичні, біотичні та антропогенні фактори.**

Логіка розділяє умови на необхідні та достатні. Необхідні умови – це ті умови, які мають місце щоразу, як тільки виникає дія; достатні умови – це ті умови, які неодмінно викликають певну дію (Кондаков В. І., 1975).

Оскільки нерідко змішуються поняття “умови” і “ресурси”, наведемо визначення поняття “ресурси”, “ресурс”.

**Ресурси (франц. Ressources) – засоби, запаси, можливості, джерела чогось, наприклад, природні ресурси, економічні ресурси.**

**Ресурс – енергія, речовина, інформація, що виробляються поза даною системою та слугують для неї вихідним матеріалом функціонування, розвитку, існування.**  
(Аласв Є. Б., 1983)

Головна **відмінність** умов від ресурсів полягає в тому, що умови організмом не витрачаються та не вичерпуються, і жоден організм не є спроможним зробити їх недоступними або менш доступними для інших організмів.

**Фактор (лат. factor – той, що робить, виробляє) – рушійна сила, причина якого-небудь процесу, явища, які впливають на них, істотна обставина в якому-небудь процесі, явищі.**

Наприклад, однією з умов, що найбільш істотно впливають на життєдіяльність організмів, екологи вважають температуру.

Тепер проаналізуємо визначення поняття “фактор” як у загальноприйнятому, так і у спеціальному значеннях.

**Фактор екологічний** – будь-яка умова середовища, на яку тварина реагує реакціями пристосованості (за межами реакцій пристосованості лежать летальні фактори).  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Поряд із цим існує поняття **екосистемний фактор** (Реймерс М. Ф., 1990)

**Екосистемний фактор** – це вплив, джерелом і середовищем якого є структура, історія та/або функція екосистеми.

Це поняття близьке до біоценотичного фактора та комплексного фактора з його підрозділами, але з акцентом на об’єкт, у якому фактор сформувався.

Оскільки, як відзначалося вище, сукупність природно-натуральних факторів, серед яких виділяють абіотичні, біотичні та антропогенні, варто коротко зупинитися на кожному з них. Підкреслимо, що це найпростіша класифікація екологічних факторів.

У деяких підручниках, крім вищеназваних, до абіотичних також відносять і такі фактори, як рельєф, напрям вітру, власти-

**Абіотичні фактори** – це фактори неживої природи, насамперед кліматичні: сонячне світло, температура, вологість, рН, солоність, швидкість течії, концентрація забруднюючих речовин.

вості ґрунтів, мінеральних солей, осадових порід та ін. Це відбувається тому, що іноді окремо розглядають елементи фізичного середовища та хімічну групу факторів фізичного середовища, що навряд чи є доцільним, бо порушується головна вимога до класифікації – єдність показника, за допомогою якого

щось класифікується. Всі абіотичні фактори впливають на організм прямо або опосередковано.

**Біотичні фактори** – це всілякі форми впливу живих організмів один на одного (наприклад, запилення рослин комахами, конкуренція, поїдання один одного, паразитизм) і на середовище.

**Антропогенні фактори** – це всі ті форми діяльності людини, які впливають на природне середовище, змінюючи умови мешкання живих організмів або безпосередньо впливаючи на окремі види рослин і тварин.

У наведеному вище визначенні поняття “умови” міститься ключове слово “середовище мешкання”.

На Землі існує **чотири основні середовища мешкання**: 1) водне; 2) наземно-повітряне; 3) ґрунтове; 4) середовище, утворене самими живими організмами. У водному середовищі мешкають **гідробіонти**, на межі суші та води – **геліобіонти**, у ґрунті – **едафобіонти** або **геобіонти**.

Таким чином, єдиного погляду у цьому питанні немає, більшість дослідників вважають, що всі риси організму так чи інакше виникли внаслідок пристосування (адаптації) його до умов середовища.

**Класифікація екологічних факторів (факторів середовища).** Екологічні фактори поділяють за часом, періодичністю, черговістю виникнення, за походженням; за середовищем виникнення; за характером; за об'єктами впливу; за умовами дії; за ступенем впливу; за спектром впливу.

Реймерс М. Ф. (1990) наводить таку схему класифікації екологічних факторів.

- **За часом:** еволюційні, історичні, діючі.
- **За періодичністю:** періодичні, неперіодичні.
- **За чергою виникнення:** первинні, вторинні.
- **За походженням:** космічні, абіотичні, біогенні, біотичні, біологічні, природно-антропогенні, антропогенні (у тому

числі техногенні забруднення середовища), антропогенні (у тому числі фактори занепокоєння).

- **За середовищем виникнення:** атмосферні, водні (вологість), геоморфологічні, едафічні, фізіологічні, генетичні, популяційні, біоценологічні, екосистемні, біосферні.
- **За характером:** інформаційні, речовинно-енергетичні, фізичні (зокрема, геофізичні, термічні), хімічні (зокрема, солоність, кислотність), біогенні (біотичні), комплексні (до них, зокрема, відносять системоутворюючі, екологічні, географічні, еволюційні, кліматичні).
- **За об'єктом впливу:** індивідуальні, групові (у тому числі етнологічні, соціально-психологічні, соціальні, соціально-економічні, видовий (включаючи людський, життя суспільства).
- **За умовами впливу:** ті, що залежать від щільності, ті, що не залежать від щільності.
- **За ступенем впливу:** летальні, екстремальні, лімітуючі (обмежуючі), хвилюючі, мутагенні, тератогенні.
- **За спектром впливу:** вибіркові, загальної дії.

Екологічний фактор у вузькому сенсі слова, на думку Реймерса М. Ф., варто розуміти як біоекологічний, із чим навряд чи можна погодитися.

З умовами та факторами пов'язане виникнення положення про лімітуючі фактори, або закона мінімуму, сформульованого німецьким хіміком Юстасом Лібіхом. Він звучить так:

“Успішне функціонування популяцій або угруповань живих організмів залежить від комплексу умов; обмежуючим або лімітуючим фактором є будь-який стан середовища, що наближається або виходить за межі стійкості для організмів групи, що цікавить нас. Таким чином, якщо інтенсивність тих чи інших біологічних процесів залежить від двох або декількох факторів навколишнього середовища, вирішальне значення буде належати тому фактору або ресурсу, котрий є в мінімальній, з точки зору потреби організму, кількості.”

Існує ще одне визначення поняття “ресурси” – це все те в природі, з чого організм черпає енергію та отримує речовини, необхідні для своєї життєдіяльності. Варто ще раз підкреслити, що ресурси можуть витрачатися та вичерпуватися. До них відносяться в основному речовини, що використовуються на

будування їх тіла, і енергія, необхідна для життєдіяльності. Іноді до ресурсів відносять також простір (територію).

Існують **харчові** та **енергетичні ресурси**.

Як підсумок, відзначимо, що один і той же фактор можна розглядати і як умову, і як ресурс.

**Харчові ресурси** – це все те, що організм споживає. Для тіла зеленої рослини необхідні молекули неорганічних речовин та іони. Самі зелені рослини є харчовими ресурсами для хижаків і паразитів, а після смерті – для мікроорганізмів, які використовують енергію та речовини їх залишків.

**Енергетичні ресурси** – енергія, що черпається із сонячного випромінювання. Сонячний потік відбивається та поглинається. Енергія, що поглинається, досягає хлоропласту і бере участь у процесі фотосинтезу, тобто у перетворенні неорганічної речовини на багату енергією органічну речовину, а саме молекулу глюкози  $C_6H_{12}O_6$ .

Для більш повного ознайомлення з умовами й ресурсами необхідно звернутися до глави 2 і 3 монографії Бігона М., Харпера Дж. та Таунсенда К. “Екологія. Особини, популяції й співтовариства” (1989).

Крім викладеного, коротко слід відзначити наступне. Оскільки температура середовища є однією з найважливіших умов розвитку та функціонування живого, розглянемо взаємодії температури та організму, зокрема, класифікацію організмів за їх відношенням до температури.

Одна з найпростіших класифікацій припускає розподіл організмів на *теплокровні* та *холоднокровні*. Бігон М. та ін. (1989) вважають її суб’єктивною та пропонують поділяти живі організми на гоміотермні та пойкилотермні.

Більш задовільним вважається поділ організмів на *ендотермів та ектотермів*.

**Гомойотермні** – організми, які за зміни температури навколишнього середовища підтримують приблизно постійну температуру тіла (птахи, ссавці).

**Пойкілотермні** – організми, температура яких за умови зміни температури навколишнього середовища змінюється (антарктичні риби). Пойкілотермні організми наділені здатністю хоча б частково регулювати температуру тіла (поведінкова реакція).

**Ендотерми** регулюють температуру тіла за рахунок внутрішньої теплопродукції.

**Ектотермні** організми покладаються на зовнішні джерела тепла.

Отже, такий поділ відповідає відмінностям між птахами та ссавцями (ендотерми), з одного боку, і іншими тваринами, рослинами, грибами й найпростішими (ектотерми), з іншого. Але й це не абсолютно.

**Акліматизація.** Реакція ектотермного організму на температуру незмінна; вона залежить від того, які температури

**Акліматизація** – пристосування організму до умов проживання, які змінилися.

**Акклімація** – пристосування організму до штучно створених умов.

впливали на цей організм у минулому. Зміни можуть відбуватися як у лабораторних, так і у природних умовах.

Високі температури спричиняють *інактивізацію ферментів* (зниження активності мікроорганізмів, а також специфічних білкових речовин під впливом різних факторів, у цьому випадку,

температури) і навіть їх *денатурацію* (позбавлення природних властивостей або зміна властивостей білків при зміні фізичних і хімічних умов середовища, зокрема, температури, тиску та ін.). За умов високої температури дихання відбувається швидше, ніж фотосинтез, тому рослини “голодують”, оскільки витрачають продукти обміну швидше, ніж їх утворення.

Низькі температури сповільнюють обмін речовин і найчастіше ведуть до загибелі організму. За температури нижче  $-1^{\circ}\text{C}$  *ектотерми* гинуть через руйнуючу дію кристалів льоду, що утворюються усередині клітин. А якщо організми мають механізми, що запобігають утворенню кристалів льоду усередині клітин, то такі організми виживають. Формується даний механізм “загартовуванням” рослин.

***Ектотерми*** – організми, які при підтримці температури свого тіла покладаються на зовнішні джерела тепла.

Таким чином, для ектотермів температури, що на кілька градусів вище або нижче метаболічного оптимуму, можуть виявитися летальними.

***Ендотерми*** – організми, температура тіла яких підтримується на високому рівні завдяки протіканню в організмі окислювальних процесів.

***Гомойтерми*** – тварини (птахи і більшість ссавців), що підтримують постійну температуру тіла незалежно від температури навколишнього середовища.

***Пойкілотерми*** – організми, що не здатні постійно підтримувати відмінний від температури середовища термічний режим обмінних процесів, а тому змінюють температуру тіла залежно від температури оточуючого його середовища.



Стосовно ендотермів, то швидкість утворення ними теплоти контролюється термостатичними системами головного мозку.

Температура їх тіла підтримується на постійному рівні – між 35 та 40°C, і тому вони, як правило, віддають тепло навколишньому середовищу. Відповідно вони мають підвищену інтерактивність до джерела енергії – їжі.

Коротко зупинимось на **основних умовах (ресурсах)**.

**Вода та рН.** Для рослини вода – це і умова, і ресурс. Тому рослини заощаджують воду. Вплив відносної вологості на організм опосередковано температурою і швидкістю повітря, і її важко відокремити від доступності води взагалі. В організмах наземних тварин міститься води більше, ніж у повітрі, і тому вони всі витрачають воду шляхом випаровування. Енергія компенсується за рахунок води, що надходить з їжею, питною водою, у результаті обміну речовин. Саме тому надзвичайно важливою для життя “умовою” є відносна вологість повітря. Чим вище відносна вологість, тим менша різниця між зовнішнім і внутрішнім середовищем тварини, а чим менше ця різниця, тим менша потреба у зниженні втрати води або протидія цьому. Тому тварини розрізняються також за своїм відношенням до значень рН води й ґрунту. І на суші, і у воді рН впливає на організм як прямо, так і опосередковано, що визначає характер поширення організмів та їх чисельність. При рН нижче 3 чи вище 9 відбувається порушення протоплазми клітин кореня більшості судинних рослин. Опосередковано рН впливає на ступінь доступності біогенних елементів, на концентрацію отруйних речовин. При рН нижче 4,0–4,5 мінералізовані ґрунти містять так багато іонів алюмінію, що стають високотоксичними для більшості рослин. За низьких рН можуть існувати токсичні концентрації заліза та марганцю. Така ж дія рН спостерігається і для тварин-гідробіонтів. З підвищенням кислотності води видове різноманіття звичайно знижується.

**Солоність** впливає на розповсюдження та чисельність організмів. Механізм впливу полягає у боротьбі (запобігання проникненню солоної води в організм і видаленні води з тіла в навколишнє середовище). Таким чином, для багатьох гідробіонтів регулювання концентрацій розчинених у рідині тіла

речовин – це процес життєво необхідний і потребує значних енергетичних витрат.

**Швидкість течії.** Рослини пристосовуються до течії за допомогою надійного прикріплення до нерухомих предметів. Тому ряска може існувати тільки там, де течія або дуже повільна, або зовсім відсутня. Деякі тварини можуть утримуватися на місці за допомогою гачків і присосок, інші мають довгі хвостові нитки, що допомагають орієнтувати тіло назустріч потоку і т. ін.

**Забруднюючі речовини.** Людина в процесі життєдіяльності викидає в навколишнє середовище величезну кількість забруднюючих речовин. Але у найбільш забруднених місцях перебування завжди знайдеться декілька особин або видів, здатних вижити, – це так звані стійкі особини. Забруднення навколишнього середовища, очевидно, надає нам можливість спостерігати еволюцію в дії. Вплив будь-якої забруднюючої речовини має два напрямки. Якщо вона щойно з'явилася або її мало, то вид буде представлено первісно стійкими особинами. Їх буде більше, але, як правило, значно меншим виявиться різноманіття видів, ніж якби забруднення не було зовсім.

Відповідно до Тілману Д. (Tilman D., 1982) усе, **що організм споживає, становить його ресурси.** До них належать *сонячне випромінювання, неорганічні молекули, організми, простір (місце проживання).*

**Сонячне випромінювання** розглядається як ресурс тому, що це єдине джерело енергії для зелених рослин, яку вони можуть використовувати в обмінних процесах. Якщо на шляху потоку променистої енергії трапляється листок, запускається процес фотосинтезу, що розглядався вище. Якщо промениста енергія, потрапляючи на листок, у ту ж мить не вловлюється та не зв'язується, то вона безповоротно втрачається. Енергія випромінювання, що зв'язується під час фотосинтезу, проходить свій земний шлях лише один раз. Цим вона значно відрізняється від атомів вуглецю або азоту, від молекул води, які безповоротно проходять через численні покоління живих істот.

Листяний полог лісу або посівів – це “популяція листя”. Всю її в цілому можна охарактеризувати величиною, що називається *індексом листової поверхні (ІЛП).*

**Неорганічні молекули** як ресурси. У процесі фотосинтезу, як відомо, безпосередньо беруть участь три ресурси: світло, двоокис вуглецю та вода.

Двоокис вуглецю практично повністю надходить із атмосфе-

**Індексом листової поверхні (ІЛП)** – це відношення загальної площі листя до площі відповідної ділянки ґрунту. ІЛП завжди змінюється від сезону до сезону, з приходом кожного нового дня та протягом одного світлового дня.

ри. Вночі потік двоокису вуглецю в наземних екосистемах спрямований вгору – від ґрунту та рослинності в атмосферу, а сонячним днем над листяним покривом виникає потік двоокису вуглецю, спрямований униз. Щоб поглинати двоокис вуглецю, зеленій рослині доводиться втрачати воду (молекула води менше молекули двоокису вуглецю, тому всякий організм, що поглинає двоокис вуглецю з атмосфери, втрачає воду). Регулювання здійснюється розкриттям і закриттям продихів (“листових пор”).

Водний і вуглекислотний баланси надземних частин рослини тісно зв'язані між собою, але нижче рівня денної поверхні двоокис вуглецю як ресурс не відіграє ніякої ролі.

**Елементи мінерального споживання.** Усі зелені рослини мають потребу в одних і тих же “незамінних” елементах, але не обов'язково в тих же самих співвідношеннях.

І вода, і мінеральні солі мають властивості ресурсів та в цій якості можуть між собою взаємодіяти. До числа мінеральних ресурсів належать *макроелементи* – азот (N), фосфор (P), сірка (S), калій (K), кальцій (Ca), магній (Mg), залізо (Fe) та *мікроелементи* – марганець (Mn), цинк (Zn), мідь (Cu) та бор (B). Можливість спеціалізації різних рослин за різними ресурсами (як це притаманно тваринам) відсутня. При поглинанні мінеральних ресурсів, як і при поглинанні води, не тільки корінь росте назустріч ресурсу, але й ресурс просувається до кореня. Рослини з різними за формою та будовою кореневими системами переносять різні концентрації мінеральних ресурсів ґрунту, а також у різному ступені виснажують різні мінеральні ресурси. Необхідно пам'ятати, що у значної кількості рослин

коренів немає – у них є мікориза, яка має ресурсопоглинаючі властивості, що значно відрізняються від кореня.

**Кисень як ресурс.** Розчинність і здатність кисню до дифузії у воді дуже низькі, тому вміст його у воді – лімітуючий фактор. Розчинність кисню у воді різко знижується з підвищенням температури. Коли у водному середовищі розкладається органічна речовина, кисень витрачається на дихання мікрофлори.

**Біологічне споживання кисню (БСК)** – показник забруднення води, що характеризується кількістю кисню, яка за певний час (зазвичай 5 діб, БСК<sub>5</sub>) пішла на окислення хімічних забруднювачів, котрі вміщуються в одиниці об'єму води.

Високі значення БСК особливо характерні для стоячих вод. Потреба коренів рослин у кисні не повністю задовольняється за рахунок ґрунту. Частина кисню дифундує вниз через коріння від пагонів і т. ін.

**Організми як харчовий ресурс.** Первинними у харчовому ланцюгу є *автотрофи*.

**Автотрофи** – організми, що синтезують із неорганічних сполук органічні речовини з використанням енергії сонця або енергії, що вивільнюється при хімічних реакціях.

Це вищі рослини (крім паразитних і сапрофітних), водорості, деякі бактерії (пурпурні, залізобактерії, сіркобактерії та ін.). Ці органічні речовини стають ресурсами для *гетеротрофів*.

**Гетеротрофи** – організми, що використовують для споживання тільки, або переважно, органічну речовину, вироблену іншими видами, і, як правило, не здатні синтезувати речовини свого тіла з неорганічних складових. Це всі тварини, паразитарні рослини, гриби, переважна більшість мікроорганізмів.

Таким чином, існує три шляхи, що ведуть до більш високого трофічного рівня: **деструкція, паразитизм, органофагія (хижацтво).**

**Деструкція** – відмирання організмів і використання бактеріями, грибами та тваринами-детритофагами їх як харчового ресурсу. Ці організми не спроможні використовувати інші організми, поки ті живі.

**Паразитизм** – використання організмів у якості ресурсу при їх житті. Споживач не вбиває свого господаря.

**Органіфагія (хижацтво)** – коли харчовий організм (або його частина) поїдається, і при цьому він убивається.

**Мерофагія** – різновид органіфагії, коли харчовий організм не вбивається (пасовища).

**Поліфаги** – зустрічаються серед консументів. Вони споживають здобич найрізноманітніших видів.

Важливу роль відіграє те, наскільки ресурс надійно захищений. Існує механічний захист – це голки та шипи, захисні оболонки; є хімічні та поведінкові засоби захисту від нападу і

поїдання. Самозахист тварин ширший, ніж у рослин, проте деякі тварини також користуються хімічним захистом.

**Простір як ресурс.** Живі істоти завжди займають певне місце та конкурують за право користуватися цим місцем. Рослини мають потребу простору для розміщення коріння. Їм потрібні сконцентровані у цьому просторі ресурси – вода та мінеральні солі. Тому враховувати лише простір неправильно. “Простір” вживається у збірному розумінні для позначення тих ресурсів, котрі з цього простору можна видобути. Разом із цим нестача вільного простору може викликати затримку в розвитку організму, тобто простір перетворюється у лімітуючий ресурс. У просторі містяться ресурси, але шлях до їх здобуття лежить через оволодіння простором. У певному розумінні сама поведінка територіальних тварин перетворила простір на ресурс (нагадуємо, що менші завжди обороняються, захист меж і т. ін.).

Перелік розглянутих умов середовища і ресурсів не можна вважати вичерпаним. На основі багатьох прикладів можна визначити багато інших, можна також сформулювати деякі загальні принципи та ввести нові поняття, які будуть мати не менше значення ніж наведені вище.

### Допоміжний словник

**Оліго** (грец. *oligos* – нечисленний, незначний, малий) – частина складних слів, що вказує на малу кількість чого-небудь. Приблизно відповідає українському «мало».

**Фагос** (грец.) – пожираючий.

**Олігофаг** – організм, що харчується обмеженим набором кормів.

**Трофе** (грец.) – їжа, харчування.

**Оліготрофи** – рослини та організми з невисокими вимогами до наявності у середовищі поживних речовин (білоус, пушиця, журавлина, багульник, вереск, сфагнові мохи).

**Консумент** (лат. *консумо* – споживання) – організм, що споживає готові органічні речовини, створені продуцентами, але в ході споживання не доводить розкладання органічних речовин до простих мінеральних складових.

**Консументи 2 порядку** поїдають травоядних тварин.

**Консументи 3 порядку** – хижаки, паразити хижаків.

**Гетеро** (грец. *гетерос* – інший) – означає різнорідність, чужерідність, відповідає українському “різно-”.

**Гомо** (грец. *хомос* – рівний, однаковий, взаємний, спільний) – складова частина складних слів, що означає “подібний, рівний”, відповідає українському “одно-”.

**Пойкіло** (грец. *пойкілос*) – строкатий, різноманітний.

**Екто** (грец. *ектос* – поза, зовні) – перша складова частина складних слів, що відповідає за значенням слову "зовнішній".

**Ендо** (грец. *ендон*) – усередині.

**Деструкція** – руйнування, порушення нормальної структури чого-небудь.

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 1

### • *Питання для обговорення*

1. Вивчаючи дисципліну «Вступ до фаху», студент оволодів початковими знаннями з загальної екології та основними поняттями і термінами. Яким чином відбувається подальше формування професійного понятійно-термінологічного апарату в інших дисциплінах?
2. Навіщо студентові необхідне докладне ознайомлення з навчальним планом підготовки бакалавра-еколога?
3. Прокоментуйте основні вимоги щодо проблемної ситуації у навчальному процесі.
4. Чому включено до поняття «екологія» терміноелемент «система»?
5. Невже всі природні тіла, на думку Вернадського В. І., є системи? Наведіть приклади.

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Реймерс М. Ф. виділив фактори за походженням. Назвіть їх.
2. Назвіть шляхи, що ведуть до більш високого трофічного рівня.
3. Які Ви знаєте основні середовища існування?
4. Чому педосфера забезпечує виникнення та існування біосфери?
5. Які бувають структури екосистеми?

### • *Обґрунтуємо проблемність питань*

1. Чому для вивчення неоекології необхідні знання традиційної екології?
2. Внаслідок чого прискорився цикл і збільшилася швидкість кругообігу вуглецю?
3. Чому не доцільно говорити про повний кругообіг речовин у межах біогеоценоза?
4. Відновлення площ лісів вирішує тільки проблему поповнення матеріальних благ людства?



5. Чому прогнозне продовження зниження концентрації вуглекислоти в атмосфері буде супроводжуватися зменшенням загальної маси живих організмів на Землі?

• *Дискутуємо з проблемних питань*

1. Чому «екологія перетворюється на науку про управління природними ресурсами у процесі їх експлуатації та охорони ...» (Дежкін В., 1975)?
2. Які на Вашу думку причини, обумовили корінну зміну змісту екології?
3. Чому майже через 50 років після появи поняття «екологія» виникла необхідність поділу екології рослин на аутоекологію, сінекологію та демакологію?
4. Як можуть бути дві різнополюсні ознаки «цілісність» і «відокремленість» властиві одній і тій же системі? Наведіть приклади.
5. Чому екологічна ніша вважається «професією» організму?

• *Training*

1. Скільки енергії щодня споживає людина?
2. У гідросфері  $\text{CO}_2$  більше ніж у атмосфері, і ця цифра складає....
3. Яку частину гідросфери складають підземні води?
4. Скільки становить загальна величина біомаси на Землі?
5. Перелічити усі основні кругообіги, що існують у геосферах Землі?

• *Прокоментуйте вислови, цитати*

1. Прокоментуйте вислів відомого фізика Жоліо-Кюрі Ф., який вважав, що дійсний переворот в енергетиці здійсниться лише тоді, коли ми зможемо здійснити масовий синтез молекул хромотіла і процес фотосинтезу.
2. Чому Вернадський В. І. у своїх працях окреме місце відводив природній воді і писав: «Вода стоїть окремо в історії нашої планети...» і «...картина видимої природи визначається водою».

3. У чому сенс думки, яку Едберг Р. і Яблоков О. підкреслили у своєму діалозі «Важкий шлях до воскресіння», – «Цілком очевидно, що ми швидко прийдемо до екологічного краху, якщо і надалі будемо так само жадливо поводитись із нашою планетою».
4. Прокоментуйте вислів, що був висічений на піраміді Хеопса: «Люди загинуть від невміння користуватися силами природи та від незнання справжнього світу».
5. У підручнику є вираз «у теперішній час найбільший вплив на кругообіг кисню чинить діяльність людини». Як це можна пояснити?

**• Визначитися в ситуації**

1. Яка б склалася на земній кулі ситуація, якщо б не існувало редуцентів?
2. Чому у наукових колах склалося два погляди на те, що є основним об'єктом вивчення традиційної екології?
3. Яка б склалася ситуація, якщо б у помірних широтах була б така ж кількість гроз, як на екваторіальних широтах?
4. Які можливо було б спостерігати явища, якби у біоценозах не було саморегуляції? Наведіть приклади.
5. Що чекає цивілізацію, якщо поширяться температурні межі її існування?

**• Творчі питання**

1. Чим можна пояснити вислів американського еколога Макфедьєна Е.: «Доводиться визнавати, що еколог – це щось на зразок дипломованого вільнодумця»?
2. Чому два найважливіших глобальних процеси «кругообіг речовин» і «фотосинтез» вважаються нерозривно пов'язаними один з одним?
3. Чому виникла і безперервно посилюється проблема у співіснуванні людини і природи?
4. Внаслідок яких процесів і явищ люди дійшли висновку, що емерджентність існує в природі?

5. Чому, на Вашу думку, Гіляров А. (1989) вважає, що популяційний підхід у дослідженнях традиційної екології більше схиляється до аналітичного роз'яснення?

• **Визначення провідних понять**

1. Дайте визначення поняття «біотичні фактори».
2. Сформулюйте закон Ліндемана.
3. Що таке «біологічне споживання кисню»?
4. Яких тварин називають «гомойтерми»?
5. Надайте дефініцію поняття «транспірація»?

• **Віхи історії**

1. В якому році Одум Х. Б. сформулював всеосяжне визначення поняття «екологія»? Прочитуйте його.
2. Коли вперше термін «фотосинтез» був запроваджений Пфєффером?
3. У якому році і ким було сформульоване сучасне уявлення про біосферу?
4. Назвіть прізвища головних засновників розробки загальної теорії систем.
5. Коли і хто видав перший закон про охорону навколишнього середовища, який забороняв використання кам'яного вугілля для опалення?

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Екологічний факультет  
Кафедра екології та неоекології

Загальна екологія та неоекологія

Тестовий контроль з модуля 1  
«Навколишнє середовище – арена формування і функціонування  
широкого спектру екологічних явищ, процесів»  
(181 бал)

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_  
№ залікової книжки \_\_\_\_\_  
Дата контролю \_\_\_\_\_ тривалість контролю \_\_\_\_\_

**Частина 1 (52 бали)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Назвіть основні модулі програми навчальної дисципліни «Загальна екологія та неоекологія» \_\_\_\_\_ (6 б.)
2. Дайте узагальнене визначення поняття «Екологія» \_\_\_\_\_ (7 б.)
3. У чому головні відмінності дефініції поняття «Екологія» за І. П. Герасимовим? \_\_\_\_\_ (3 б.)
4. Назвіть основні екологічні загрози за Р. Едбергом та О. Яблуковим \_\_\_\_\_ (3 б.)
5. Що таке біологічний кругообіг речовин? \_\_\_\_\_ (10 б.)
6. Дайте визначення процесу фотосинтезу \_\_\_\_\_ (11 б.)
7. Наведіть дефініцію поняття «консументи» \_\_\_\_\_ (7 б.)
8. Які небезпечні явища у природі пов'язані з водою? \_\_\_\_\_ (5 б.)

**Частина 2 (32 бали)**

***Алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вирази, цифри тощо...*

1. Демекологія – розділ загальної екології, що вивчає локальні\_\_\_\_\_ (1 сл.), динаміку їх чисельності та їх \_\_\_\_\_ (1 сл.) (26.)
2. Головним забруднювачем біосфери є \_\_\_\_\_ (4 сл.) (4 б.)
3. Організм кожної попередньої ланки трофічного ланцюга слугує їжею для наступної ланки зі втратою \_\_\_\_\_ (2 сл.) (2 б.)
4. Кругообіг фосфору підтримується завдяки двом процесам – мінералізації \_\_\_\_\_ (1 сл.) і \_\_\_\_\_ (1 сл.) мінерального \_\_\_\_\_ (1 сл.) (3 б.)
5. Біосфера існує виключно за рахунок \_\_\_\_\_ (2 сл.) (2 б.)
6. Загальним для фотосинтезу та хемосинтезу є \_\_\_\_\_ (2 сл.) і побудова завдяки цьому \_\_\_\_\_ (2 сл.) (4 б.)
7. Геопатогенні зони – це ділянки поверхні, що концентрують \_\_\_\_\_ (4 сл.) і \_\_\_\_\_ (1 сл.) на здоров'я людей. (5 б.)
8. Середовище – це \_\_\_\_\_ (1 сл.), бо \_\_\_\_\_ (1 сл.), які оточують об'єкт, що розглядається. (2 б.)
9. На думку Тюрханова А. Н., основний механізм стабілізації \_\_\_\_\_ (1 сл.) процесу перебуває у \_\_\_\_\_ (1 сл.), а надійність роботи біогеоценозу забезпечується \_\_\_\_\_ (2 сл.) (4 б.)
10. Умови мешкання – це сукупність \_\_\_\_\_ (2 сл.) факторів та особливостей існування \_\_\_\_\_ (1 сл.), що включає \_\_\_\_\_ (3 сл.) (6 б.)

### Частина 3 (10 балів)

#### Репродуктивний рівень пізнання

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірне наведене твердження.*

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Клементс Ф. визначив екологію як науково-природну історію, що має справу з соціологією та економікою тварин. | ТАК<br>НІ |
| 2. Ресурсом може бути як інформація, так і енергія.   | ТАК<br>НІ |
| 3. Господарська діяльність людини прискорює кругообіг сірки в біосфері.   | ТАК<br>НІ |
| 4. Програмна лекція – є об'єктивною необхідністю.   | ТАК<br>НІ |

- |   |           |
|---|-----------|
| 5. Більша частина сонячного випромінювання відноситься до ФАР.                                      | ТАК<br>НІ |
| 6. Неорганічні молекули не можуть слугувати ресурсом.   | ТАК<br>НІ |
| 7. Ендотерми покладаються на зовнішні джерела тепла.  | ТАК<br>НІ |
| 8. Кріосфера відіграє надзвичайно важливу роль у терморегуляції планети.                            | ТАК<br>НІ |
| 9. Рухомою силою вулканізму, що зароджується в астеносфері, є теплова енергія зелених надр.         | ТАК<br>НІ |
| 10. Антропогенні фактори – це всі ті форми діяльності людини, які впливають на природне середовище. | ТАК<br>НІ |

#### Частина 4 (17 балів)

##### *Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання*

**Умови використання завдання:** Знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б.

- | Група А                            | Група Б  |
|------------------------------------|--|
| А. Дихання рослин.                 | 1. Ламарк.   |
| Б. Чиста асиміляція.               | 2. Відбувається тільки у ґрунті.                     |
| В. Денітрифікація.                 | 3. 1802 р.   |
| Г. Сульфатредуючі бактерії.        | 4. Трофічний статус.                                 |
| Д. Біосфера.                       | 5. Процес, зворотний фотосинтезу.                    |
| Е. Екологічна ніша.                | 6. 25 км в атмосфері.                                |
| Ж. Метаболізм.                     | 7. Сірководень.                                      |
| З. Кругообіг речовин.              | 8. Створення та руйнування.                          |
| І. Вміст вуглецю у живій речовині. | 9. 3 км у літосфері.                                 |
| К. Роль гравітації в біології.     | 10. Ціолковський К. В. (1882).                       |
| Л. Ґрунти.                         | 11. 50%.   |
| М. Континентальна земна кора.      | 12. Регулятор газового складу атмосфери (тропосфери  |
| Н. Фактор підвищення температури.  | 13. Реакція зеленого листа на зміну умов радіації.). |
|                                    | 14. Процес обміну речовин.                           |

**Відповіді:**

А –      Б –      В – ...

15. 70 км.

16. Інактивізація ферментів.

### **Частина 5 (23 бали)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Знайдіть вірну відповідь.*

1. Ключовими поняттями загальної екології є:
  - а) автотроф;
  - б) органофаг;
  - в) консументи;
  - г) редуценти.
2. Ознаки екологічної системи:
  - а) цілісність і відокремленість;
  - б) прогресивна систематизація;
  - в) прогресивна ізоляція;
  - г) децентралізація.
3. Витрати  $\text{CO}_2$  на фотосинтез протягом року становлять:
  - а)  $3 \times 10^{11}$  ;
  - б)  $5 \times 10^{17}$  ;
  - в)  $2 \times 10^3$  .
4. За ступенем впливу фактори бувають (за Реймерсом М. Ф.):
  - а) летальні;
  - б) індивідуальні;
  - в) експериментальні;
  - г) групові;
  - д) тератогенні;
  - е) мутагенні.
5. Магнітосфера Землі має такий вплив:
  - а) захищає все живе від згубної дії космічних променів;
  - б) орієнтація тварин на магнітне поле при міграції;
  - в) вплив на самопочуття людей;
  - г) явище полярного сяйва.
6. За ступенем впливу екологічні фактори бувають:
  - а) летальні;
  - б) групові;
  - в) інформаційні;
  - г) тератогенні;
  - д) лімітуючі.

### **Частина 6 (47 балів)**

### **Творчий рівень пізнання**

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

1. Обґрунтуйте необхідність або недоцільність поділу екології на традиційну екологію та неоекологію \_\_\_\_\_ (5 б.)
2. Чим, за думкою Гілярова А. М. (1989), відрізняється популяційний підхід від екосистемного? \_\_\_\_\_ (6 б.)
3. Чому ґрунт при низьких рН може стати високотоксичним для рослин? \_\_\_\_\_ (4 б.)
4. Що буде, якщо зникнуть тропічні ліси? \_\_\_\_\_ (4 б.)
5. Для чого необхідна програмна лекція (її головна особливість)? \_\_\_\_\_ (5 б.)
6. У чому проявляється зростаючий тиск на земну кулю у зв'язку з непомітно зростаючою чисельністю населення? \_\_\_\_\_ (10 б.)
7. Проаналізуйте суть прогнозу зледенінь \_\_\_\_\_ (8 б.)
8. Назвіть фактори, що можуть бути рушійною силою несприятливих природних явищ \_\_\_\_\_ (5 б.)



## МОДУЛЬ 2. ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ОРГАНІЗМІВ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

### Програмні матеріали до модуля 2

#### *Вступ*

Різноманітність навіть авторського (геккелівського) визначення поняття «екології», що існує в літературі і частково викладено в матеріалах модуля 1, спонукають до узагальненого тлумачення даного поняття, але не за різноманітністю поглядів різних авторів, а за сутністю, закладеною засновником поняття екології. Це суттєво спрощує не тільки розуміння закладеного у визначенні змісту поняття, але і спрощує викладення дуже різноманітних і численних відомостей традиційної екології.

Таким чином, спрощене (узагальнене) поняття «Екологія» виглядає так:

**Екологія – наука про взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем та взаємовідносини організмів між собою.**

Виходячи з такого узагальненого визначення поняття «Екологія» витікає можливість викладати його у двох взаємопов'язаних і взаємообумовлених частинах, а саме:

- 1) взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем;
- 2) взаємовідносини організмів між собою.

Решта важливого матеріалу з традиційної екології так чи інакше знайде своє місце в першому чи другому розділах (відповідно, модуль 2 і модуль 3).

### НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО МОДУЛЯ 2

#### **Основні**

1. Життєвий цикл.
2. Коеволюція.
3. Особина.

4. Унітарні організми.
5. Модулярні організми.
6. Популяції.
7. Екологічна структура популяції.
8. Структура популяції.
9. Щільність популяції.
10. Піраміда вікова.
11. Народжуваність.
12. Смертність.
13. Демографія біологічна.
14. Просторове розміщення.
15. Міграція.
16. Розселення: активне, пасивне.
17. Сплячка і спокій, попереджувальні або відповідні.
18. Угрупування.
19. Індекс різноманітності Сімпсона.
20. Градієнтний аналіз.
21. Ординація.
22. Екологія угруповань.
23. Біоми.
24. Сукцесія.
25. Процес сукцесії.
26. Деградаційна сукцесія.
27. Алогенна сукцесія.
28. Автогенна сукцесія.
29. Первинні та вторинні сукцесії.
30. Клімакс.
31. Енергетичний бюджет.
32. Тепловий баланс.
33. Біомаса.
34. Первинна продукція угруповання.
35. Автохтонна і алохтонна речовина.
36. Хижацтво і порушення.
37. Лихо.
38. Катастрофа.
39. Замкнені та відкриті угруповання.
40. Теорія порушень.
41. Стійкість угруповання.

42. Стійкість локальна та загальна.
43. Складність угруповань.
44. Адаптація.
45. Абаптація.
46. Конвергенція, конвергентна еволюція.
47. Паралелізм, паралельна еволюція.
48. Еволюція.
49. Екотип.
50. Генетичний поліморфізм: віковий, сезонний, статевий, приходящий, фенотипічний.

### Додаткові

1. Інтенсивність хижацтва і конкуренції.
2. Продуктивність.
3. Видове багатство.
4. Суворість середовища.
5. Вік угруповань.
6. Морфологічні адаптації.
7. Хамерфіти.
8. Фанерофіти.
9. Гемікрептофіти.
10. Крптофіти.
11. Терофіти.
12. Градієнти умов.
13. Поліморфний ряд.
14. Дивергенція.
15. Екологічна пластичність.
16. Саморегуляція екосистем.
17. Розселення, активне і пасивне.

## **ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 2**

Основною метою модуля 2 є засвоєння основних закономірностей функціонування організмів, розібратися зі впливом навколишнього середовища на організми, шляхами та засобами реагування організмів на навколишнє середовище, основними закономірностями життєдіяльності організмів.

### **• Знання, якими повинен володіти студент в результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 2**

1. Припущення, що лежать в основі теорії еволюції Дарвіна Ч. Природний відбір.
2. Найбільш загальну класифікацію змін природного середовища.
3. Два основних засоби реагування організмів на зміни в оточуючому середовищі.
4. Переваги та недоліки безпосереднього реагування і реагування на сигнальний фактор.
5. Основний засіб уникнути впливу сезонних змін природного середовища.
6. Від чого залежить засіб переживання циклічних змін природного середовища?
7. Завдяки чому прикріплені організми переживають зміни середовища?
8. Чому залежні в одній парі видів організми є особливо яскравим прикладом відповідності між організмами та змінами середовища?
9. Чому будь-який з взаємодіючих видів може створювати умови відбору, визначити еволюцію один одного?
10. Перелік комплексу законів та закономірностей встановлення відповідності між організмами та змінами середовища?
11. Що відбудеться, якщо в процесі коеволюції міжвидова взаємодія буде постійно підсилюватися та поглиблюватися?
12. Від чого залежить виживання організму?
13. За рахунок чого природа здійснює природний відбір?
14. Основний відносний внесок “пристосованості” у життєдіяльність організмів.

15. Класифікація Раункієра К. Приклади. Які особливості можна вважати екотипічними?
16. Головна задача екології за Бігоном М. та ін. (1989).
17. Механізм розмноження. Приклади.
18. Що таке зростання у модулярних організмів?
19. Розподіл модулярних організмів на групи.
20. Де та за яких умов спостерігається багаторазове розмноження?
21. Таблиці виживання.
22. Закономірності розміщення організмів у просторі й часі.
23. Призначення сплячки (спокою).
24. Види популяцій.
25. Екологічна структура популяцій.
26. Характеристики популяцій.
27. Визначати причини смертності популяцій.
28. Демографічна ситуація певних популяцій на визначених територіях.
29. Причини міграцій.
30. Співвідношення угруповань та екосистеми.
31. Особливості градієнтного аналізу.
32. Формальні статистичні методи опису угруповань.
33. Біоми суші і вод.

**• Уміння, які мають сформуватися у студента  
в процесі вивчення модуля 2**

1. Уміти пояснити відмінності між циклічними, спрямованими та хаотичними змінами середовища.
2. Уміти знаходити закономірності та навчитися їх використовувати у стосунках природи та суспільства.
3. Пояснювати відповідності між організмами та середовищем, що постійно змінюється.
4. Прогнозувати демографічні процеси (народжуваність, смертність, міграція), що визначають чисельність популяцій.
5. Аналізувати сутність, причини та наслідки адаптації, абптації, пристосованості, схожості та ін.
6. Пояснювати причини сплеску або зменшення різноманіття.
7. Аналізувати графіки, що відображають загальну чисельність і віковий склад населення розвинутих країн та тих, що розвиваються.

8. Пояснювати необхідність сплячки (спокою).

**• Навички, які повинні бути сформовані в процесі  
вивчення модуля 2**

1. Використовувати класичні закони для пояснення процесів та явищ.
2. Мати первинні навички визначення чисельності особин, їх просторово-часового розподілу.
3. Користуватися щорічниками довідкових видань для проведення наукових досліджень.
4. Читати чи використовувати картографічну інформацію щодо ареалів мешкання тварин і рослин.

**Література до модуля 2**

**Основна**

1. Білявський Г. О. Основи загальної екології: підруч. / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С. Фурдуй. – 2-е вид., змін. – К. : Либідь, 1995. – 368 с.
2. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд; пер. с англ. – М. : Мир, 1989.
3. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Глав. Ред. Молд. СЭ, 1990. – 408 с.
4. М'якушко В. К. Екологія / В. К. М'якушко, Ф. В. Вольвач. – К. : Вища шк., 1984. – 168 с.
5. Некос В. Е. Основы общей экологии и неоекологии : учеб. пособ. в 2-х ч. / В. Е. Некос. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 1998. – Ч. I. – 138 с.
6. Стадницький Г. В. Екологія : учеб. пособ./ Г. В. Стадницький, А. И. Родионов. – М. : Высш. шк, 1988. – 272 с.
7. Федоров В. Д. Экология / В. Д. Федоров, Т. Г. Гильманов. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 484 с.

**Додаткова**

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
2. Богданова Т. Л. Справочник по биологии / Т. Л. Богданова, А. В. Брайон, А. В. Денисьевский; под ред. акад.

Сытника К. М. – К. : Наукова думка, 1985. – 584 с.

3. Некос А. Н. Екологія та неоекологія. Термінологічний українсько-російсько-англійський словник-довідник / А. Н. Некос, Н. І. Черкашина, В. Ю. Некос. – [3-е вид., доп. анг.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2009. – 478 с.

## Навчальні матеріали до модуля 2

### 2.1 ОРГАНІЗМИ, ПОПУЛЯЦІЇ, УГРУПОВАННЯ. РІЗНОМАНІТНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ВЗАЄМОДІЇ

Вивчення організмів необхідно для того, щоб усвідомлено користуватися дарами природи. Для цього необхідно знати і розуміти світ природи та істот, які його населяють, їх чисельність, поширеність і т. ін. Головна проблема полягає в тому, що серед величезної кількості взаємодій, неповторності і складності всіх частин природи необхідно знайти закономірності та навчитися їх використовувати у сучасних, вкрай напружених відносинах природи та суспільства. Але не менш важка проблема – не загубитися серед безлічі фактів, виділити основні. Як і в попередніх розділах, у фактичному матеріалі, що буде наведено нижче, також чимало протиріч: у визначенні понять, у існуючих класифікаціях, у різному розумінні фактів і т. ін. Необхідно розібратися у всьому цьому і визначитися. Крім наведеного нижче матеріалу існує досить додаткової літератури, яка допоможе у вирішенні даної проблеми.

**Форми життя обумовлюються змінами фізичних умов у просторі й часі.**

Спроба пояснення складності природи, а також відповідності між організмами та середовищем здійснена в **теорії еволюції шляхом природного відбору, запропонованої Дарвіном Ч. у 1859 р.** В основі цієї теорії лежать декілька припущень, які варто запам'ятати:

- організми мінливі (не існує двох однакових кроликів);
- різниця між організмами передається за спадком;
- організми можуть розмножитися настільки, що здатні заповнити всю Землю, але цього не відбувається, оскільки багато з них гинуть, не встигнувши залишити потомство;
- особини залишають потомство, і кількість їх залежить від багатьох факторів, у тому числі від взаємодії із середовищем.

Для одних організмів середовище може виявитися сприятливим, тоді індивідуум виживає та залишає велику кількість



нащадків; для інших – несприятливим, тоді він або не виживає, або залишає меншу кількість нащадків. Саме так і відбувається еволюція шляхом природного відбору.

Різноманіття організмів відбиває розходження тих умов, у яких проходило життя та розвиток кожного з видів. Але добре відомо, що середовище постійно змінюється, а відповідно змінюється також і організм.

Зміни середовища різноманітні. Зазвичай виділяють:

- *циклічні* (тобто періодично повторювані) зміни;
- *спрямовані* (напрямок змін залишається стабільним протягом тривалого періоду, наприклад, прогресуюча ерозія берегів, зміни, пов'язані зі зледенінням);
- *хаотичні*, тобто *аритмічні* зміни – відсутність визначеного напрямку змін (коливання термінів початку мусонних дощів, траєкторії циклонів).

Циклічні зміни визначають ряд особливостей способу життя, які також стають циклічними (щорічне скидання листя, густина і колір хутра).

**Два основних засоби, за допомогою яких організми приводять свої реакції у відповідність до змін у навколишньому середовищі:**

- **зміни у відповідь на зміну умов зовнішнього середовища;**
- **реагування на сигнальний фактор, що передбачає зміну зовнішніх умов.**

Цікавий приклад із сезоном дощів. Якби рослина проростала у відповідь на дію якогось фактору, що свідчив би про близьке настання дощів, то навряд чи їй судилося би вижити. Тому реакція розвивається у відповідь не на прикмету, а на дощ як такий.

Однак безпосереднє реагування на зміну умов призводить і до втрат. Ссавцеві доведеться потерпати від холоду, чекаючи, поки виросте зимове хутро, якщо у відповідь на зменшення тривалості дня реакція не почнеться завчасно. Вибір того або іншого способу реагування можливий тільки в умовах відносної

стабільності. Засіб переживання якої-небудь циклічної зміни залежить від життєвого циклу організму. Так, одноклітинні водорості мають дуже короткий життєвий цикл (біля доби).

Життя дуба, слона, кита, людини вміщає багаторазову зміну сезонів, і організму необхідно обрати – або впасти у сплячку, або підвищити активність і пристосованість. І тут знову виникають протиріччя. З одного боку – необхідність підтримки активності протягом короткого проміжку року в точній відповідності до умов, що складаються; з іншого – необхідність зберігати активність у будь-яких умовах, впоратися із чим завгодно, часом не досягати успіху ні в чому.

Теплоізолююча здатність зимового хутра чорного ведмедя на 92% вище ніж літнього.

Уникати несприятливих умов можна, наприклад, переміщенням (міграції птахів, північних оленів, бізонів). Але прикріпленням організмів це не дано, зате сезонні ритми чітко виражені в особливостях їхньої будови.

Особливо яскравим прикладом відповідності між організмом і середовищем є залежність організмів одного виду від організмів іншого виду (пари видів). Це, наприклад, залежність коали від листя евкаліпту або гігантської панди від пагонів бамбуку (споживач–їжа; вузька харчова ніша).

Аналогічна залежність існує між паразитами і їхніми господарями, тобто життя у суворо визначених умовах. У таких випадках середовище вичерпується іншим організмом, а, отже, зміни в одних організмах спричиняють зміни у житті інших організмів, і кожен із взаємодіючих видів може створити нові умови відбору, що скеровують еволюцію іншого виду.

***Коеволюція – паралельна, сумісна, взаємопов'язана еволюція. У теперішній час, як правило, використовується для системи «суспільство-природа».***

В ході такого процесу коеволюції міжвидова взаємодія може постійно підсилюватися та поглиблюватися, а результат цього процесу ми можемо спостерігати у природі як пари видів, що

загнали один одного в колію усе більше і більше поглибленої спеціалізації.

Центральними поняттями традиційної екології є «*особина*», «*унітарні організми*», «*модулярні організми*».

**Особина** – це індивід, індивідуум, окремий неподільний екземпляр елементарної одиниці життя. **Особина фактично є частиною більш загальної системи живого. Особина – це кінцевий дискрет, одиниця живого, здатного до самостійного існування.**

Головну задачу екології Бігон М. визначає як опис, тлумачення та розуміння закономірностей поширення та динаміки чисельності живих істот.

У якому б аспекті, і які б фактори або умови в екології не розглядалися, вони будуть стосуватися екології лише настільки, наскільки торкаються того боку життєдіяльності, який спроможний вплинути на народження, смерть або переселення організму.

Таким чином, центральним питанням будь-якого екологічного дослідження є знання чисельності особин, їх розподілу, закономірностей демографічних процесів (народжуваності, смертності, міграцій), що визначають чисельність, а також механізмів впливу зовнішніх факторів на ці процеси.

Виходячи зі сказаного, до переліку **основних задач екології** входить вивчення законів народження та загибелі особин, а також, дещо меншою мірою, – їх переселення (міграції).

**Унітарні організми** – це такі організми, будова та розмноження яких значною мірою обумовлені генетично.

Життя унітарного організму починається з миті запліднення яйцеклітини сперматозоїдом, далі відбувається утворення зиготи, що імплантується у стінку матки, і починається складний процес ембріонального розвитку за чітко визначеною програмою. Ідеальний приклад унітарного організму – людина.

Розвиток модулярних організмів не визначено якоюсь конкретною програмою і дуже залежить від їх взаємодії з навколиш-

**Модулярні організми** – такі організми, у яких із зиготи розвивається якась одиниця будови (модуль), що породжує потім все нові і нові модулі, що нагадують первинний.

нім середовищем. Модулярними є більшість рослин (дерева, трави), з тварин це губки, гідроїди, корали, мшанки. Модулярними організмами є також багато грибів і найпростіші.

Основний конструктивний модуль, що визначає характер росту надземних частин вищої рослини, – це лист разом з його пазушною брунькою та прилягаючою ділянкою стебла – міжвузеллям. Брунька, проростаючи, породжує новий лист, що, у свою чергу, має власну пазушну бруньку. Ріст – це накопичення модулів. Усі *модулярні* рослини поділяються на дві групи:

1. Ті, що тягнуться вгору і розкидають свої модулі вище сусідів.
2. Ті, що розповсюджуються горизонтально, тобто розкидають модулі по поверхні субстрату.

У дерев, на відміну від трав, інша система з'єднань (сполучень), що зв'яже окремі модулі в один та об'єднують їх з кореневою системою. Ці сполучення не згнивають, а деревеніють, тобто відмирають, але під цим “колишнім сполученням” (корою) розташовується тонкий шар живої тканини. Цей живий шар безперервно породжує нову тканину та оточує стовбур дерева все новими і новими нашаруваннями відмерлого клітинного матеріалу. Більша частина дерева – це щось на зразок цвинтаря, де поховані віджилі стовбурні тканини.

На великих просторах океану та суші переважають модулярні організми, такі, наприклад, як морські водорості, корали, лісові дерева і трави.

Підбиваючи підсумок, необхідно підкреслити наступне – будь-яка екологічна теорія, що претендує на широту охоплення різноманітних життєвих форм, повинна використовувати в якості основної розрахункової одиниці не тільки народження та

смерть особини, але й одиницю модулярного росту (тобто народження та смерть окремого модуля).

**Популяція.** Термін “популяція” (від *лат.* *populus* – народ, населення) запозичений з демографії та введений Йогансеном В. Л. у 1903 р.

Популяції у природі – це, як правило, об’єднання в єдине ціле окремих видів. Але необхідно пам’ятати, що об’єднуються представники одного виду, розміщені в межах певної території.

Визначення даного терміну, незважаючи на широке вживання, також неоднозначне та використовується у багатьох значеннях. Зустрічаються визначення у формальному, конкретному та теоретичному значеннях. Але в кожному з них також є неоднозначності.

За Ситником К. М. та ін. (1994) популяція – група особин якого-небудь виду організмів (тварини, рослини, мікроби), у якій організми можуть обмінюватися генетичною інформацією, що займає певний простір і володіє багатьма характерними ознаками: щільністю, народжуваністю, смертністю, розподілом організмів за віком, біотичним потенціалом, характером розміщення організмів у межах територій, типом росту.

При цьому те, що розуміється під популяцією, варіюється залежно від об’єкту та характеру дослідження. Це означає, що межі популяції найчастіше довільні. Наприклад, можна вивчати популяцію липової попелиці, що заселяє один-єдиний лист, одне дерево або цілий лісовий масив.

Популяційні структури, незважаючи на відсутність у більшості випадків тривалих безпосередніх контактів між окремими елементами популяції, мають стабільний характер.

**Популяція** – це: 1) сукупність особин одного виду, які протягом великої кількості поколінь населяють певний простір; 2) все населення якої-небудь території (країни, провінції, будь-якої адміністративної одиниці); 3) особини близьких видів (наприклад, мишевидні гризуни), які проживають разом на будь-якій території.

(Реймерс М. Ф., 1990 )

Біологічні процеси в популяціях визначаються генетичною та екологічною структурами особин, які їх утворюють. При цьому необхідно розуміти, що особини в популяції можуть діяти самостійно та незалежно від інших.

За Дедю І. І. (1990), популяція – сукупність особин виду з загальними умовами, необхідними для підтримання його чисельності на певному рівні протягом тривалого періоду, і з відомими властивостями, що визначають єдність особин.

Кожна популяція виконує чітко визначену функцію в тому біоценозі, у якому вона поширена.

Існує багато різноманітних популяцій: популяція елементарна, популяція ценотична, популяція географічна і т. ін.

Відповідно до Бекмішева В. І. (за М'якушко В. К., Вольвачем Ф. В., 1984), виділяються наступні популяції:

- *незалежні* (мають високий потенціал розмноження);
- *напівзалежні* (при незначній їх чисельності існують тільки за умови розмноження власних особин);
- *залежні* (народжуваність не компенсує втрат, вони існують за рахунок поповнення чисельності особинами із сусідніх популяцій);
- *псевдопопуляції* (не можуть розмножуватися у даному місці);
- *популяції*, які періодично виникають за межами розповсюдження виду;
- *геміпопуляції* (особини диференціюються на різних фазах життєвого циклу, наприклад, на різних фазах розвитку комах).

*Популяція має екологічну структуру, чисельність і щільність,*

**Структура популяції** – це форма адаптації її до умов існування, що характеризує сучасний стан популяції та можливості її розвитку в майбутньому.

**Екологічна структура популяції** – це склад популяції, що визначається чисельністю, щільністю розміщення, морфологічною і генетичною диференціацією особин. (М'якушко В. К., Вольвач Ф. В., 1984)

просторову структуру, статеву та вікову структури, показники народжуваності та смертності. Існують різні форми популяційних угруповань, динаміка їхньої чисельності і т. ін.

Основним параметром популяції є щільність. **Щільність популяції** – число особин на одиниці площі. Але може розглядатися також число особин у перерахуванні на один лист, число особин на одного господаря або яку-небудь іншу міру.

**Щільність популяції** визначають як розмір популяції по відношенню до займаного нею простору. Щільність популяції виражається кількістю особин або біомаси популяції на одиницю площі або об'єму (води, повітря, ґрунту). (Ситник К. М., 1994)

Щільність легко можна перерахувати у загальну чисельність. Вивчається також статеву та вікову динаміку виживання та плідності популяції.

Для характеристики статевої структури популяції використовують ряд показників. Найпоширенішим показником є відношення кількості жіночих особин до певної кількості чоловічих особин (у частинах або відсотках).

За віковою структурою існують *моноциклічні та поліциклічні популяції*. *Моноциклічність* характерна для більшості трав'янистих рослин, комах.

*Поліциклічні* популяції утворюють деревні рослини та багаторічні трави, а серед хребетних і безхребетних тварин є такі види, життя особин яких триває більше одного року.

*Народжуваність та смертність* – це основні показники динаміки популяцій.

Зменшення чисельності популяції визначається двома факторами – смертністю та міграцією.

**Показник народжуваності** – це відношення загальної кількості народжених особин до загальної чисельності популяції.

Смертність може бути викликана вичерпанням життєвих ресурсів, старістю, конституціональними вадами (недоліками) організму, канібалізмом, конкуренцією, хижацтвом, паразитизмом, дією хвороботворних організмів і т. ін.

**Смертність** – число особин, померлих за одиницю часу (частіше за рік) по відношенню до умовної їх чисельності (частіше на 100 або 1 тис.), що мешкає на певній обмеженій території, або до всього обсягу популяції, що вивчається.

Однолітні рослини розмножуються, як правило, один раз у житті; для тварин більш характерне багаторазове розмноження.

**Безперервне багаторазове розмноження. Демографія людини.** Кожна особина бере участь у розмноженні багаторазово, а саме розмноження може відбуватися в будь-який час протягом усього року. Це проявляється там, де не діють явища сезонності (у мешканців тропіків, у багатьох паразитів і мешканців зерносовищ), або у тих організмів, для яких сезонні цикли, що відбуваються у зовнішньому середовищі, по суті не значимі через високу досконалість фізіологічних механізмів. Найбільш яскравий приклад – людина.

Кількісне вивчення чисельності, розміщення, складу, динаміки народонаселення є предметом самостійної науки – *демографії*.



**Демографія біологічна – сума статистичних відомостей про склад популяції: чисельність, щільність населення, віковий та статевий склад.**

До речі, уперше таблиці виживання були складені для потреб страхування та пенсійного забезпечення. Із цією ж метою складаються також так звані вікові піраміди. Крім цього, будуються графіки, що відображують загальну чисельність і віковий склад населення розвинених країн та країн, що розвиваються. На таких графіках чітко простежується різниця досліджуваних параметрів для різних регіонів. Це обумовлено тим, що у країнах, що розвиваються, народжуваність помітно вище, а виживання нижче.

**Піраміда вікова – діаграма, де число особин або їх відсоток у кожній віковій групі відображений у вигляді горизонтальних прямокутників, встановлених один на одного. (Реймерс М. Ф., 1990)**

Але, разом з тим, населення цих країн стрімко збільшується, а в розвинених країнах якщо і збільшується, то досить повільно.

На передній план виступає проблема – як нагодувати населення країн, що розвиваються. Навіть якщо темпи народжуваності в них зміняться (зменшаться), народонаселення все одно значно зросте, тому що більшості мешканців цих країн ще тільки доведеться вступити в дітородний період. Явище це іменується “інерцією росту чисельності”, і збільшення вдвічі населення цих країн – далеко не межа. А це означає, що загострюється проблема запасів їжі, енергії і т. ін. Треба згадати про питання зростання населення Африки, що розглядалося раніше.

**Закономірності розміщення організмів у просторі та часі.** Основними поняттями, що характеризують ці закономірності, є: “просторове розміщення”, “міграція” та “розселення”. Перше понят-

**Просторове розміщення.** Існує три основних типи розміщення: випадкове, регулярне (називають також одноманітним) і групове (контагіозним).

тя можна розглядати і як вихідне, і як результат переміщення, що відбулося раніше. Два інших терміни використовуються для позначення цілком визначених різновидів переміщення організмів.

**Міграція** найчастіше розуміється як масове спрямоване переміщення чисельності особин даного виду з одного місця в інше (зграї сарани, перельоти птахів, пересування прибережних тварин слідом за припливами та відливами).

Розселення найчастіше є віддаленням одних особин від інших (наприклад, від батьків, братів, сестер).

**Розселення** – поширення організмів за межі видового ареалу.

Розселення буває активним (біг, політ, плавання і т. ін.) і пасивним (перенесення вітром, течією). Принципової різниці між цими поняттями, вочевидь, не існує.

Міграції можуть бути щодобовими, припливно-відпливними, сезонними. Розселення може бути як втечею, так і розселенням заради відкриття. Важливо, однак, розуміти, що і міграція, і розселення вживаються стосовно групи, але все-таки міграція – це масове пересування, а розселення стосується особини або навіть частини її.

Коли мова йде про розселення у часі, то мається на увазі спокій і сплячка.

**Спокій і сплячка** використовуються організмами з метою підвищення ймовірності залишення потомства. Це нерідко відбувається тоді, коли існуючі умови є несприятливими для

**Сплячка** – період заціпеніння або сну, що дозволяє тваринам пережити холодний (зима) або сухий (літо) сезони року.

виживання, росту або розмноження, а в майбутньому можна чекати змін на краще. Таким чином, це своєрідне розселення у часі. Перебування в стані спокою (сплячки) дозволяє зберігати енергію, що буде використана пізніше. В цьому стані також помітно збільшується стійкість особини до впливу несприятливих зовнішніх умов.

Сплячка та спокій бувають або *попереджувальними*, або *відповідають на зовнішні умови*.

*Попереджувальна* сплячка звичайно випереджає настання несприятливих умов. Це, як правило, характерно для організмів, що живуть в умовах сезонних, “передбачуваних” змін. Її нерідко називають “діапаузою” для тварин та “природженим спокоєм” для рослин. Спокій же (відповідна або вторинна реакція) настає безпосередньо після несприятливих умов – у відповідь на них.

Відносно угруповання, то, насамперед, необхідно визначитися, чи існують взагалі угруповання як структурні одиниці.

**Угруповання** — це асоціації (системи) взаємодіючих популяцій тварин, рослин і мікроорганізмів, що, зазвичай, визначаються характером їх взаємодії або місцем, де вони живуть.

(Дедю І. І., 1990)

Нерідко вчені їх не визнають та вважають синонімом біоценозу. Наприклад, угруповання рослин – це не що інше, як фітоценози, угруповання тварин – зооценози, угруповання мікроорганізмів – бактеріоценози. За Уїттекером Р. (1980), угруповання – це “система взаємодіючих, диференційованих за екологічними нішами, часто конкуруючих один з одним видів. Види, що входять до складу того самого угруповання, еволюціонували в напрямку диференціації екологічних ніш”.

Прибічники екосистемного підходу часто навіть не використовують це поняття.

Творчий аналіз матеріалу розділу дає можливість переконатися в необхідності продовження ряду “особини – популяції – ...”. Чи достатньо розглядати взаємодії організмів тільки на рівні одного виду, тобто популяції, або необхідно ще знати і взаємодії на рівні різних популяцій?

Інша проблема – взаємовідносини між екосистемою та угрупованнями. Одні дослідники вважають, що розмежування екосистеми та угруповання є корисним, інші – що їх вивчення як окремих об’єктів є помилкою. Матеріал, що викладено в підручнику, а також додаткова література допоможуть зорієнтуватися у колі перерахованих проблем.

Властивості угруповання складаються із суми властивостей організмів, що входять до них і взаємодії останніх.

Разом з тим це дещо більше, ніж сума частин, це здатність угруповання володіти емерджентними властивостями, відсутніми в утворюючих його окремих популяцій.

Угруповання – це певна одиниця живої природи, яку можна охарактеризувати відповідно до ознак, що є для нас цікавими. Тобто це антропоцентричний підхід. Угруповання можна розглядати як сукупність популяцій різних видів, що співіснують у просторі та часі. Це означає, що угруповання – об’єкт вивчення синекології.

*Емерджентність у біологічних угрупованнях* – це видове різноманіття, межі схожості конкуруючих видів, структура харчової мережі, біомаса і продуктивність угруповання, так само, як емерджентні властивості пирога – консистенція і аромат, які важко вивести на основі аналізу його інгредієнтів (Бігон М. і ін., 1989).

Головна мета екології угруповань – встановити, чи відповідають емерджентні властивості будовам, що повторюються, навіть у тому випадку, коли угруповання різко відрізняються за видовим складом.

Варто розрізняти угруповання та екосистему (це біологічне угруповання разом з його фізичним середовищем перебування). Але розглядати їх як окремі об’єкти – помилка, тому що ні особину, ні популяцію, ні угруповання у відриві від середовища проживання вивчати не можна. Проте Бігон М., на відміну від авторів інших видань, воліє говорити про екосистему, а не про угруповання.

**Видове багатство угруповання.** Один із засобів характеристик угруповання – є звичайний перелік видів, що входять до його складу або складання списку. Але це важко виконати за багатьма причинами (таксономічний порядок, можливості проаналізувати лише невелику вибірку організмів і т. ін.). Існує цілий ряд засобів, що дозволяють описати угруповання з урахуванням біомаси або продукції різних видів на одиницю площі.

Однак згаданий вище засіб підрахунку видів, що входять в угруповання ігнорує такий важливий параметр, як кількісні відносини між ними. Губиться інформація про рідкісні особливості одних і звичайні риси інших. Найбільш простий параметр угруповання, що враховує як число видів, так і співвідношення їх щільності, — **індекс різноманітності Сімпсона**.

*Індекс різноманітності Сімпсона розраховують, визначаючи для кожного виду частку його особин або біомаси в загальній чисельності або біомасі вибірки.*

Часто застосовується інший індекс різноманітності — **індекс Шеннона**, який також враховує частку  $i$ -того виду в сумарній чисельності.

**Склад і різноманітність** – тільки два із безлічі можливих параметрів, необхідних для опису угруповання. Альтернативою їм (не кращою, але тією, що застосовує інший підхід) є характеристика угруповання з погляду врожаю на корені, швидкості утворення біомаси рослинами, її використання і перетворення гетеротрофними організмами. Як правило, у цьому випадку описують харчову сітку, визначають біомасу на кожному трофічному рівні, а також потоки енергії та речовини із середовища, що протікають через живі організми і знову повертаються в навколишнє середовище. Такий підхід дозволяє (принаймні теоретично) виявити загальні особливості угруповань, абсолютно різних за таксономічним складом.

**Просторовий розподіл угруповань.** Угруповання з чіткими межами – украй рідкісний виняток. Зазвичай ці межі розмиті, тому екологу корисніше, вважає Бігон М., вивчати шляхи взаємопроникнення угруповань, а не шукати картографічні межі між ними.

Повсюдно спостерігається значне перекривання зон поширення окремих видів. Це явище зустрічається практично завжди при використанні так званого градієнтного аналізу.

Основним недоліком градієнтного аналізу як засобу виявлення структури угруповання Бігон М. вважає те, що майже завжди вибір градієнта суб'єктивний (він залежить від його важливості для організму саме за думкою дослідника).

**Градієнтний аналіз** – дослідження шляхів зміни біологічних угруповань за розпізнавальними градієнтами навколишнього середовища. Зміни градієнтів відбуваються поступово на просторі великих географічних районів, без різких фізичних меж, за якими могли б розподілятися області розповсюдження виду в результаті градієнтного аналізу. (Ситник К. М. та ін., 1994)

Для усунення суб'єктивності при описі угруповань розроблені *формальні статистичні методи*. Вони дозволяють групувати дані незалежно від думки дослідника про поєднання видів або про змінні середовища, що найбільш тісно корелюють із їх розподілом. Один з таких методів — *ординація*. Це математична обробка даних, що дозволяє розташувати точки на графіку таким чином, що ті з них, які відповідають найбільш схожим за складом і співвідношенням чисельності видам, виявляться розташованими найближче один до одного, а ті, що розрізняються, будуть стояти далі один від одного.

Ординація дозволяє встановити, що при заданому сполученні умов середовища виникає певна асоціація видів.

**Ординація** – це метод аналізу, що полягає в розподілі видів або угруповань за рядом змін якого-небудь одного або декількох факторів, що корелюють (наприклад, зміна видового складу рослинності та щільність особин кожного виду зі збільшенням засолення ґрунтів).

(Реймерс М. Ф., 1990)

*Класифікація*, на відміну від ординації, виходить із припущення, що угруповання відповідають відносно дискретним об'єктам. При цьому підході за допомогою процесу, концептуально подібного до таксономічної класифікації, виділяються групи споріднених угруповань. Схожі організми об'єднуються у вид, подібні види об'єднуються у роди і т. ін.

Стосовно природи угруповань є багато поглядів. Так, Клементс Ф. (1916) вважав угруповання свого роду надорганізмом, у якому види – компоненти, міцно пов'язані один з одним і тепер, і у минулому. Індивідуалістична концепція розглядала зв'язок між видами просто як результат схожості потреб і стійкості (а частково і випадковості). Сучасні погляди, на думку Бігона М., близькі до поглядів прихильників індивідуалістичного підходу.

І все-таки угруповання – не надорганізм, а скоріше рівень організації. Можна з великою впевненістю передбачити асоціації видів у певному місці. Але певний вид може бути присутнім і в іншому місці за інших умов середовища. Це обумовлено стійкістю організмів у конкретному діапазоні умов.

Таким чином, чіткі межі (за винятком випадків різкої зміни умов на межі вода–суша та ін.) між угрупованнями неможливі.

Звідси випливає визначення поняття «**екологія угруповань**».

**Екологія угруповань** – це вивчення особливого рівня організації живого, а не дискретних просторово-часових одиниць.

Великомасштабними просторовими структурами угруповань є біоми.

**Біоми — структури, характерні для великих кліматичних зон. Їх межі довільні.**

Існує вісім біомів суші: тундра, північні хвойні ліси (тайга), біом лісів помірної зони, дощовий тропічний ліс, сезонний тропічний ліс, степ помірної зони (синонім – прерія, пампа, вельд), чапараль (області з середземним морським кліматом), пустелі. Це все наземні біоми, до яких варто додати ще прісноводний і морський.

**Сукцесія — це часовий аспект структури угруповань.**

Послідовність появи і зникнення видів вимагає, щоб і самі умови, ресурси і/або вплив інших видів змінювалися у часі. Відносна рясність ряду організмів в угрупованні змінюється протягом року в міру того, як особини завершують свої життєві цикли від сезону до сезону.

**Процес сукцесії — несезонна спрямована та безперервна послідовність появи і зникнення популяцій різних видів у певному місці проживання.**

Це загальне визначення охоплює широкий діапазон сукцесійних змін, що значно відрізняються як часовими масштабами, так і механізмами протікання. Існує *деградаційна сукцесія* – один з типів послідовних змін видів. Швидкість деградаційної сукцесії значна – від декількох місяців до декількох років. Будь-яка мертва органіка, будь то загибла тварина або рослина, скинута шкіра або послід, використовується мікроорганізмами або тваринами-детритофагами. Редуценти з'являються та зникають послідовно в міру виснаження органічної речовини в ході розкладення. Ця сукцесія завершується повним споживанням і мінералізацією певного ресурсу.



**Алогенна суццесія** обумовлена зовнішніми геофізико-хімічними обставинами, тобто алогенна суццесія визначається змінами умов середовища.

Наприклад, у результаті зміни швидкості процесу осадко-накопичення (замулення естуарію ріки Фал на півострові Корнуолл в Англії) за останнє сторіччя викликало зсув солоного болота на 800 м убік моря, при цьому заплавний ліс “не відстав” від нього, перемістившись слідом за болотом.

*Автогенна суццесія* (*автогенез* — еволюція в результаті дії внутрішніх факторів). Існують *первинні* та *вторинні суццесії*.

**Автогенні суццесії** формуються на знов освоєних територіях при відсутності поступової зміни абіотичних факторів.

Якщо заселяється ділянка, що раніше піддавалася впливу якого-небудь угруповання, кажуть про *первинну суццесію*. Коли рослинність якої-небудь місцевості частково або повністю знищена, але добре розвинений ґрунт, насіння та спори залишаються, наступна зміна видового складу зветься *вторинною суццесією*. До неї може призвести також локальне знищення лісу хворобами, ураганом, пожежею або вирубкою.

Одна з основних *рушійних сил суццесії* — зміна ґрунту першими колоністами.

Деякі види-піонери настільки сильно впливають на середовище проживання, що в суццесію можуть залучатися інші види, які, конкуруючи, витискають своїх попередників. У свою чергу, організми, що з’являються першими, здатні виснажити ресурси та змусити голодувати тих, хто з’явився пізніше.

**Концепція клімаксу.** Чи має кінець суццесія? Один з перших дослідників суццесії Клементс Ф. (1916) стверджував, що в будь-якій кліматичній зоні існує тільки один істотний клімакс. Тенслі А. (1939) відкинув таку теорію моноклімаксу.

**Клімакс** – заключна фаза біогеоценотичної сукцесії, що перебуває в найбільш повній єдності з біотопом або тільки із кліматом даної місцевості (кліматичний клімакс), іноді розглядається як “фінальна” сукцесійна стадія розвитку біогеоценозів для даних умов існування.

Очолювана ним школа поліклімаксу визнала, що клімакс визначається одним або декількома факторами: кліматом, ґрунтовими умовами, топографією, пожежами і т. ін. Тому в одній кліматичній зоні може існувати цілий ряд типів клімаксів. У природі існує континіум типів клімаксів (Уіттекер Р., 1953).

**Потоки енергії та речовини в угрупованнях.** Для побудови своїх тіл організмам необхідна *речовина*, а для підтримання життя – *енергія*. Енергія необхідна для основних фізіологічних і біохімічних реакцій. У зв'язку із цим уведене поняття “енергетичний бюджет”.

Загальна кількість затрачуваної енергії зростає зі збільшенням маси тіла та кількості пересувань.

**Енергетичний бюджет** — співвідношення між енергією, що отримується ззовні, і її витратою на побудову тіла, розмноження, необхідні пересування та інші процеси життєдіяльності.

**Тепловий баланс** — співвідношення отриманої та відданої організмом у зовнішнє середовище кількості тепла за той або інший період часу. Він розглядається при вивченні пристосованості.

**Біомаса** – це маса організмів, що виражається зазвичай в одиницях енергії або сухої органічної речовини.

Енергетична вартість руху залежить не тільки від розмірів організму, але також від характеру руху. Пересування на суші вимагає максимуму затрат енергії, політ – середніх величин затрат енергії, а плавання – найменших.

Тіла живих організмів на одиниці площі суші або води утворюють так званий “урожай на корені”.

Мертва частина називається *некромасою*. Імовірно, було б набагато точніше визначати біомасу як масу винятково живої тканини.

Розподіл чистої первинної продукції в масштабах планети за рік такий – 110-120 млрд. т сухої речовини для всієї суші та 50-60 млрд. т продукує море. Таким чином, океан дає тільки 1/3 всієї продукції, займаючи в той же час 2/3 поверхні земної кулі.

***Первинна продукція угруповання — швидкість утворення біомаси первинними продуцентами (рослинами) у перерахуванні на одиницю площі. Одиниці виміру її ті ж, що і для біомаси.***

Функціонування біологічних угруповань вимагає різних видів енергії. Джерелом може слугувати *автохтонна* та *алохтонна речовина*.

***Автохтонна речовина — це органічна речовина та запасена в ньому енергія, що виробляється самим угрупованням.***

***Алохтонна речовина – це речовина, що надходить ззовні і приноситься за допомогою течії або вітру у формі мертвих залишків.***

Специфічність потоків речовини та енергії полягає в тому, що енергія не може передаватися по замкненим циклам і використовуватися повторно, а речовина може.

Життя на Землі можливе тільки завдяки *щоденному надходженню сонячної енергії*. Тому кількість отриманої планетою сонячної радіації – основний фактор, що лімітує виробництво продукції угруповань.

Треба ще раз нагадати про неефективність використання угрупованнями сонячної енергії.

Вигляд і структуру угруповань формують ті ж фактори, які формують структуру особин. Тому перелічувати їх знову недоцільно. Тут варто нагадати про *міжвидову конкуренцію*. Вона постійно діє у природних угрупованнях. Разом з тим організацію угруповання іноді можна пояснити не конкуренцією, а простою випадковістю.

**Хижацтво і порушення** також впливають на структуру угруповань.

**Хижацтво** – харчування тваринами (з їх ловінням та умертвінням).

**Порушення** (*transgression*) — це переривання миру, спокою або сформованого ходу процесів; перешкода правильному здійсненню якої-небудь дії або процесу.  
(Оксфордський словник англійської мови)

Таким чином, порушення – це незвичайна з погляду норми подія та з нею несумісна. Разом з тим, варто розрізняти лихо та катастрофу.

**Лихо** — події, що відбуваються в житті популяцій досить часто, щоб викликати тиск відбору та призвести до еволюційних змін. У результаті лиха популяція може набути нових властивостей.

**Катастрофа** — порушення занадто рідкісне для того, щоб популяції зберегли про неї генетичну пам'ять до того часу, коли вона повториться.

Об'єднання хижацтва і порушень, здійснене Бігоном М. і ін., обумовлено тим, що вони призводять до відхилень від “нормального” ходу сукцесії.

Аналіз ролі *хижаків, паразитів і захворювань* дозволяє зробити такі висновки:

1. Очевидно, спеціалізовані хижаки сприяють підвищенню видового різноманіття угруповання.

2. Неспеціалізовані хижаки також можуть сприяти підвищенню різноманіття в угрупованні за рахунок існування, опосередкованого експлуатацією.
3. Високе різноманіття видів-жертв пов'язане з помірним за інтенсивністю хижацтвом.
4. Імовірно, роль паразитів, хижаків і хвороб найменш істотна у формуванні структури угруповань, що функціонують у відносно суворих, мінливих або непередбачуваних умовах.
5. Вплив тварин на угруповання іноді виходить далеко за межі поїдання певної здобичі.

Навіть слід коров'ячого копита на сирому лузі може настільки сильно змінити мікробіотоп, який колонізується видами, які були б відсутні без подібного порушення. Хижак – усього лише один із безлічі агентів, що порушують рівновагу в угрупованні. У зв'язку з цим виникає питання: чи зустрічаються взагалі у природі по-справжньому ситуації рівноваги?

При аналізі тимчасової неоднорідності та фізичних порушень в угрупованні значну увагу приділяють розгляду утворення і функціонування вільних (незайнятих) ділянок. Утворення незайнятих ділянок має дуже важливе значення для прикріплених і малорухомих видів, що потребують вільного простору. Набагато менша їх роль у житті рухливих тварин, для яких простір не належить до лімітуючих факторів. Порушення може бути тимчасовим і стійким стосовно змін умов. Тимчасові порушення повторюються у часі і/або просторі на тлі стійкої “норми”. Короткочасні зміни (порушення) пов'язані з більш-менш раптовою зміною умов і подальшим збереженням нового стану. Зміни, що призводять до нового стійкого стану, настають при появі в угрупованні нового виду. З його міцним улаштуванням відбувається корінна перебудова структури угруповання, і вона стає частиною нової “норми”.

Варто розрізняти *замкнуті* та *відкриті угруповання*. Перші вважаються внутрішньо єдиними. Якщо вони включають два види, що конкурують за той самий ресурс, то один з них зникає

**Теорія порушень** (нерівноваги) дозволяє розробити засоби керування угрупованнями для досягнення поставленої мети – наприклад, у галузі охорони природи в сільському, лісовому та заповідному господарствах.

назавжди. *Відкрите угруповання* являє собою мозаїку різних за умовами ділянок, усередині яких відбуваються взаємодії, міграції з однієї ділянки на іншу.

Один з висновків, що випливають із теорії порушень, — якщо потрібно зберегти в природі різноманіття, порушенням не треба запобігати.

**Стійкість угруповань** – не менш актуальна проблема. Це пов'язано з тим, що порушення природних угруповань і агроценозів стають усе більш інтенсивними. Тому обґрунтовано виникає задача – встановити, як реагують угруповання на подібні впливи і як вони стануть реагувати на них у майбутньому.

**Стійкими** називаються угруповання, що зберігають свої особливості в часі.

Стійкість угруповання і є мірою їх вразливості до порушень.

Фундаментальне питання в екології угруповань формулюється так: чому угруповання такі, якими вони є? Відповідь (хоча і не повна) така: через наявність певних стабілізуючих властивостей.

**Пружність** (*resilience*) — міра швидкості повернення у вихідний стан після виходу з нього (порушення).

**Опір** (*resistance*) — показник здатності запобігання змінам.

Стійкість має всілякі аспекти. Насамперед при розгляді стійкості необхідно розрізняти *пружність* та *опір*.

Стійкість буває *локальною* та *загальною*. Стійкість завжди залежить від середовища, у якому існують види, так само як і від їх щільності та її особливостей.

**Локальна стійкість (*local stability*)** відображає тенденцію угруповання повертатися у первісний або близький до нього стан після незначного порушення.  
**Загальна стійкість (*global stability*)** – показник аналогічної тенденції у випадку великих порушень.

Якщо середовище зберігається за умови дуже обмеженого набору видових характеристик, угруповання називається динамічно крихким, а якщо угруповання залишається стійким за умови істотних змін умов середовища та видових характеристик, то воно вважається динамічно міцним.

Необхідно оцінювати стійкість, тобто знайти *певний критерій*, за яким оцінюється стійкість. Найчастіше це *демографічний підхід*, за якого головна увага приділяється складу угруповання, тобто кількості, систематичній приналежності видів, що входять у нього, та щільності їх популяцій. Разом з тим можна використовувати також інші параметри – продукцію біомаси або кількість кальцію, що міститься в ній.

Параметром структури угруповань при аналізі стійкості є *складність*.

Вважалося, що *підвищення складності* веде до *зростання стійкості угруповань*. Під “підвищеною складністю” мається на увазі то більша кількість видів, то більше число взаємодій, то більш сильні взаємодії. Є також інші точки зору, відповідно до яких *складність структури* – це кількість можливих шляхів переносу енергії крізь угруповання, тобто чим складніша (більше шляхів переносу) система, тим вона стійкіша (менше кількісних змін) при порушеннях. Однак, всі ці “загальноприйняті” погляди в цей час зазнають значних коливань, головним чином у результаті аналізу математичних моделей.

Більшість моделей свідчить про існування тенденції до зниження стійкості зі зростанням складності.

І все-таки було б помилкою одне узагальнення замінювати іншим. Імовірно, існує і те і інше явище, а в цілому залежність між складністю угруповання і його стійкістю залишається незрозумілою до кінця.

Надзвичайно важливим в екології є питання: чому одні угруповання багатші за інших? Чи існують закономірності видового різноманіття?

Закономірності видового різноманіття визначаються цілим рядом факторів, які належать до декількох категорій:

- *географічні* (широта, висота над рівнем моря та у водному середовищі – глибина);
- *продуктивність середовища, кліматична мінливість, “вік” місця проживання та “суворість” середовища;*
- *географічна мінливість, що не пов’язана із широтою, і т. ін.*

Всі вони маскують або спотворюють залежність між видовою різноманітністю та параметрами середовища. Це стосується масштабів фізичних порушень або острівного характеру екоотопу та ступеня його фізичної і хімічної неоднорідності. Нарешті, ряд факторів є біологічними властивостями угруповання, але при цьому значно впливають на його структуру. Серед них особливо важливі *інтенсивність хижацтва і конкуренції*. Це також “вторинні” фактори, такі як *просторова неоднорідність*, обумовлена самими організмами, а також *положенням угруповання у сукцесійному ряді*. Вони самі визначаються зовнішніми впливами проте значно впливають на формування остаточного вигляду угруповання.

Існує гіпотеза про кореляцію *продуктивності та видового багатства*. Але одні дослідники стверджують, що різноманіття зростає з ростом продуктивності; інші вважають, що справа виглядає саме навпаки.

Установлено зв’язок між *видовим багатством і просторовою неоднорідністю абіотичного середовища*. Разом з тим вважається більш переконливою кореляція зі структурним різноманіттям рослин (вона набагато сильніша), ніж з видовим багатством флори.

Обговорюючи вплив кліматичних коливань на видове різноманіття, необхідно відзначити, що вплив кліматичних коливань на видове різноманіття залежить від того, є вони передбаченими або непередбаченими. У сезонному кліматі може співіснувати більше видів, ніж у незмінних умовах середовища.

*Суворість середовища* (екстремальний абіотичний фактор) розпізнати не так вже й легко. Екстремальними можуть бути і



холодні, і дуже спекотні місця проживання, незвичайно солоні озера та сильно забруднені ріки. Більш об'єктивне визначення можна дати, виділивши для кожного фактора на безперервній шкалі його значень крайні – максимальне та мінімальне.

Логічно припустити, що в середовищі з екстремальними властивостями будуть існувати деякі види, але підтвердити це дуже важко.

*Вік угруповання* відіграє певну роль у його видовому багатстві, якщо існує недолік часу для заселення території або еволюції на ній. Однак, окремі види можуть бути відсутніми і в угрупованнях, що займають значні території та рідко “порушувани”, саме внаслідок того, що вони ще не досягли екологічної або еволюційної рівноваги. Наприклад, значно менше різноманіття лісових порід у Європі порівняно з Північною Америкою пояснюється широтною спрямованістю гірських хребтів на європейському континенті (Альпи), внаслідок чого дерева виявилися затиснутими між льодовиками і горами, а потрапивши у пастку, вимерли. А в Америці гори мають довготне простягання (Аппалачі, Скелясті гори, Сьєрра-Невада), тому дерева просто відступили на південь.

Найвідоміша закономірність видового різноманіття – його збільшення від полюсів до тропіків (видове багатство падає зі збільшенням широти). Але, в цілому, чітко і однозначно пояснити наявність широтного градієнта видового багатства поки не вдається.

Скорочення видової розмаїтості з висотою – також розповсюджений феномен. У міру підйому скорочується кількість видів. Пояснення цього факту те ж, що й для широтної залежності, але, крім того, варто враховувати, що високогірні угруповання займають меншу площу, ніж рівнинні біоми, вони сильніше ізольовані від схожих екосистем.

У водному середовищі зміни у різноманітті видів із глибиною відбуваються так само, як на суші з висотою, – швидкий спад різноманіття з глибиною.

Відносно сукцесії у багатьох дослідників зазначається на поступове зростання видового багатства в ході сукцесії аж до клімаксу або до певної стадії, після якої настає збідніння флори.

Звернення до палеонтологічного літопису показує, що існує кембрійський вибух різноманіття, пермський спад, збільшення

фауністичного багатства у післяпермський час і т. ін. Причина цього – створення певних умов для різких стрибків видового різноманіття, за якими приходили досить довгі періоди приблизно постійного видового різноманіття.

На закінчення відзначимо, що серед тварин спостерігається тенденція існування більшої кількості дрібних видів, ніж великих. Це пояснюється більшою еволюційною пластичністю дрібних видів. У них не тільки нижча швидкість вимирання, але і вища швидкість видоутворення.



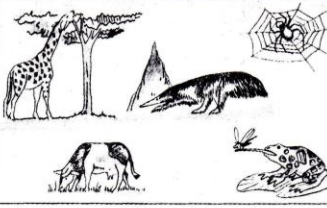







## **2.2 ЗАКОНИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ ВЗАЄМОВІДНОСИН ОРГАНІЗМІВ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

У зв'язку з вище викладеними основами існує великий комплекс «законів» і «закономірностей» встановлення відповідності між організмами та середовищем, що змінюється, відображений у наступних основних поняттях.

Це, насамперед, *адаптація та абаптація, пристосованість, конвергенція та паралелізм, схожість, екотипи, генетичний поліморфізм*. Необхідно знати їхню сутність, причини та наслідки.

**Адаптація та абаптація.** Від повної відповідності середовищу залежить виживання організмів (рис. 2.1). В одних умовах індивідуум виживає та розмножується, в інших – ні. Природа здійснює відбір. Природний відбір іде за рахунок адаптації та абаптації. Адаптуючись, спадкоємні властивості організмів і популяцій можуть у ряді поколінь змінюватися. У цьому випадку констатують, що має місце еволюція за допомогою природного відбору. Але, з іншого погляду, не позбавлене сенсу і те твердження, що особини даного покоління “абаптовані” умовами, у яких жили попередні покоління. Умови минулого – фільтр, через який деякі ознаки просочилися у сьогодення. Напевно, організми адаптовані (“підігнані”) до сучасних умов лише настільки, наскільки останні схожі на умови минулого.

Організми не призначені, не адаптовані ні для сучасного, ні для майбутнього, та не пристосовані ні до сучасного, ні до майбутнього – вони є живі наслідки власного минулого. Вони абаптовані своїм минулим.

	Тварини	Рослини
Прийстосування до абіотичних факторів (холоду)	 <p>Густа шерсть</p> <p>Переліт на південь</p> <p>Зимова сплячка</p>	 <p>Опадання листя</p> <p>Холодостійкість</p> <p>Цибулини</p>
Харчування		 <p>Інтенсивний розвиток коренів і кореневих волосків для поглинання води та біогенів</p> <p>Широке тонке листя для поглинання сонячної енергії</p>
Захист від поїдання	 <p>Швидкий біг</p> <p>Голки</p> <p>Відлякуючий запах</p> <p>Протекційне забарвлення</p>	 <p>Колючки</p> <p>Отруйні речовини</p> <p>Розеткова форма, яка недосяжна до підбурювання</p>
Залучення статевго партнера або обпліювачів	 <p>Статеві аттрактанти</p> <p>"Корона" рогів</p> <p>Яскраве оперення</p>	 <p>Різні квіткі привертють до них спеціальних комах-обпліювачів</p>
Міграція та розповсюдження насіння		 <p>Чубок або крила для перенесення вітром</p> <p>Чіпкі гачки</p>

**Рис. 2.1** – Приклади адаптації

Латинська приставка “ад-” означає додавання чи підсилення, а “аб-” означає віднімання, зменшення. Відповідно, якщо адаптація – це додавання пристосованості, то абадптація – її зниження.

**Адаптація** – пристосування організму, що виникло еволюційно, до умов середовища, яке виражається у змінах їх зовнішніх і внутрішніх особливостей.

**Адаптація** – зменшення, зниження можливостей пристосованості організмів.

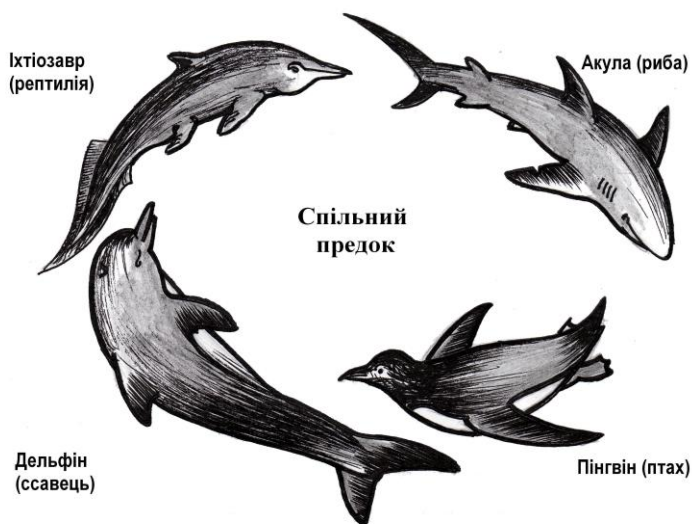
**Пристосованість.** Це поняття відносне, а не абсолютне. Важливо пам'ятати, що серед пристосувань організмів до середовища, що виникають у результаті еволюції, найбільш наочними можна вважати *морфологічні адаптації* (морфо – форма; адаптація – пристосування, тобто мова іде про особливості зовнішньої будови рослин і тварин).

**Пристосованість** – відносний внесок організмів особин у чисельність майбутніх поколінь, тобто найбільш пристосованими особинами популяції є ті, чисельність нащадків яких найбільша порівняно з чисельністю нащадків, залишених іншими, менш пристосованими особинами тієї ж популяції.

За Реймерсом М. Ф. (1990), це здатність організму змінюватися відповідно до зміни умов існування (для особини – за допомогою морфологічних і поведінкових змін у межах норми реакції, а для груп особин – за допомогою виникнення у процесі еволюції нових пристосувань (адаптації). Реймерс М. Ф. вважає, що *пристосованість* є синонімом *адаптації*. Таким чином, за допомогою додаткової літератури і творчого мислення необхідно з'ясувати, чи існує відмінність між *пристосованістю* та *адаптацією*.

**Конвергенція та паралелізм.** Це своєрідні шляхи пошуків відповідності між організмами та середовищем. Зрозуміло, що така відповідність проявляється у схожості будови та способі життя організмів, які живуть у подібних умовах, але належать до різних гілок еволюційного древа, тобто між ними відсутній родинний зв'язок, який міг би слугувати джерелом виникнення загальних ознак або властивостей.

Цей факт спростовує уявлення про те, що нібито кожному типу середовища проживання відповідає один і тільки один варіант “довершеного організму”. Середовище обумовило виникнення аналогічних (подібних за зовнішньою будовою або функціями) організмів. Наприклад, акула (риба) будовою тіла подібна з пінгвіном (птахом) і дельфіном (ссавцем). Всі вони походять від єдиного прасура – плазуна. Але структури їхніх тіл не гомологічні (тобто не походять від тих самих структур, наявних у спільних предків). Така *еволюція* називається *конвергентною* (рис. 2.2).



**Рис. 2.2** – Конвергентна еволюція

Таким чином, усі згадані великі водні хижаки виникли в різних групах – серед риб, птахів і ссавців. Саме під впливом зовнішніх факторів однакові властивості досягнуті при зовсім різних початкових положеннях організмів у процесі еволюційного розвитку. Вони схожі зовні, але зовсім різні за внутрішньою будовою та обміном речовин, що обумовлено глибокими розбіжностями їхньої еволюційної історії.

Реймерс М. Ф. (1990) наводить *п'ять варіантів конвергенції*.

З них розглянемо два – винятково *біологічний* і *геоморфологічний*. Порівняння їх дає можливість зрозуміти сутність конвергенції. Отже, конвергенція – це виникнення у різних за походженням видів і біологічних угруповань подібних зовнішніх ознак у результаті аналогічного способу життя та пристосування до близьких умов середовища (наприклад, форма тіла акули і дельфіна, вигляд листяних лісів північних частин Євразії і Північної Америки). Конвергенція форм рельєфу – зовнішня та часто тимчасова схожість форм рельєфу різного походження та геологічного складу.

Конвергенція може торкатися особливостей будови будь-яких органів: форми тіла та органів у швидко плаваючих риб і ссавців, видозміни вегетативних органів рослин і т. ін.

Разом з тим, зовнішня схожість і близький спосіб життя можуть виникнути інакше – шляхом, так званої, *паралельної еволюції*.

**Конвергенція** – виникнення у різних груп організмів схожих зовнішніх ознак у результаті аналогічного способу життя, адаптації до схожих умов середовища та однаково спрямованого природного відбору.

(Ситник К. М. та ін., 1994)

**Паралельна еволюція** відбувається, коли в різних систематичних групах (наприклад, плацентарних і сумчастих) під впливом середовища відбуваються паралельні зміни, що призводять до виникнення певних екологічних форм.

Наприклад, серед хижаків собачого типу в плацентарних є вовк, у сумчастих – сумчастий вовк. Інший приклад – із тваринами, що ведуть підземний спосіб життя та харчуються рослинами: у плацентарних – кріт, у сумчастих – сумчастий кріт.

Важливо нагадати, що відповідність між організмами та середовищем іноді може проявлятися не стільки в зовнішній подібності, що впадає у вічі, скільки в схожості *трофічній* (у тому, чим тварина харчується і хто нею харчується).

Розглядаючи *конвергентну* та *паралельну* еволюції, можна переконатися, що в більшості випадків природні угруповання включають цілу гаму життєвих форм із різноманітними біологічними властивостями. Бігон М. підкреслює, що аналіз відповідності між організмами та середовищем не повинен зводитися лише до “висмикування” з різних угруповань організмів, що достатньо нагадують один одного зовнішнім виглядом і способом життя.

Розглянувши вищевказані типи еволюції, варто підкреслити, що крім них існує також ряд інших – наприклад, поєднана еволюція і т. ін.

**Еволюція, в цілому, – це природно спрямований процес історичного розвитку живої природи, що супроводжується виникненням, зміною та вимиранням видів, перебудовою екосистем (біогеоценозів) і біосфери в цілому.**

**Схожість між угрупованнями та несхожість форм усередині угруповань.** Описати та виміряти схожість будь-яких об'єктів живої природи надзвичайно важке завдання. Досить часто подібність проявляється, припустимо, в “архітектурі” різних рослин, але її не так просто виміряти кількісно. У цьому і полягає причина частого вживання досить розпливчастих термінів – таких як “чагарник”, “зачагарникова купина”, “труба поросль” і т. ін. Проте, існували серйозні спроби розробити та уточнити засоби опису життєвих форм вищих рослин, що не залежать від їх таксономічних ознак.

Найпростішою, а в багатьох випадках і найбільш задовільною класифікацією життєвих форм рослин, яка не враховує їх систематичного положення, дотепер залишається класифікація, запропонована датським ботаніком Раункієр К. (Raunkiaer C., 1934).

Між тим, першу класифікацію рослин за життєвими формами запропонував Гумбольдт А. Він виділив 17 основних форм, давши їм назви рослин, у яких відповідна форма найкраще виражена. Це форми банана, пальми, деревоподібних папоротей, орхидей і т. ін. В основу його класифікації покладені фізіологічні ознаки, що не мають екологічного змісту, що зрештою призвело до деяких невідповідностей.

Завдяки класифікації Раункієра К. встановлена схожість між типами рослинності різних областей, яка показує, що конкретному середовищу можуть відповідати не тільки організми, але також цілі ценотичні комплекси. У системі Раункієра К. в основному враховується розміщення рослин, де розташовані і як захищені бруньки поновлення та верхньобрунькові точки зростання.

Виходячи із цього принципу, Раункієр К. виділив наступні типи рослинності (рис. 2.3):

1. *Хамефіти*. Зимуючі бруньки поновлення у них розміщені невисоко від поверхні ґрунту (напівкущі з дерев'янистою основою стебла, низькорослі кущіки, які стеляться, рослини-подушки, мохи та лишайники).
2. *Фанерофіти*. Зимуючі бруньки поновлення знаходяться високо над поверхнею землі (дерева та кущі).
3. *Гемікриптофіти*. Зимуючі бруньки поновлення розміщуються на поверхні ґрунту (більшість трав'янистих рослин, багаторічників).
4. *Криптофіти*. Зимуючі бруньки поновлення знаходяться у ґрунті (бобові та кормові трави) або на дні водойм.
5. *Терофіти*. Зимують тільки насіння (однолітні).

Система життєвих форм Раункієра К. розроблена для оцінки клімату як фактора, що відіграє важливу роль у житті рослин і рослинних угруповань. Ця класифікація життєвих форм дає можливість порівнювати флору різних регіонів і являє собою певний крок на шляху до побудови вичерпної екологічної класифікації угруповань.

Причинами різноманіття рослинних форм вважаються наступні:

1. У природі не буває однорідних місць мешкання.
2. У середині більшості (може й усіх) місць мешкання є *градієн-*



	1	2	3	4	5
Тропічна зона:					
Сейшельські о-ви	6	12	5	61	16
Зона пустель:					
Киренаїка	14	19	8	9	50
Середземноморська зона:					
Італія	6	29	11	12	42
Зона помірного клімату:					
Паризький басейн	6,5	51,5	25	8	9
Арктична зона:					
Шпіцберген	22	60	15	1	2
Нівальна (снігова) вертикальна зона					
Альпи	24,5	68	4	-	3,5

Частина типів, %

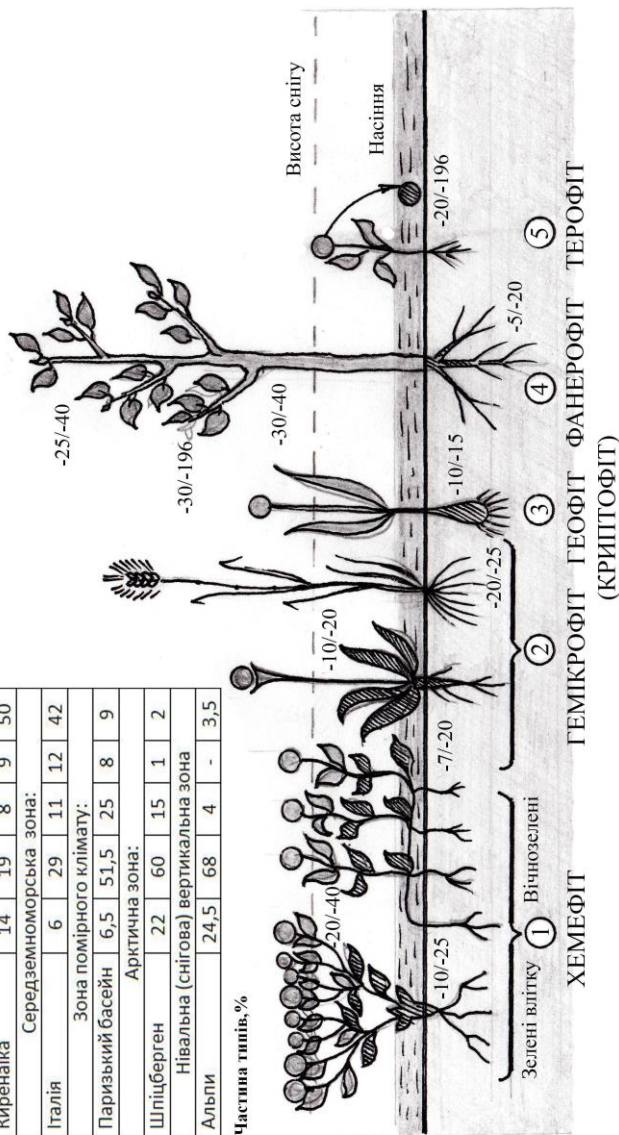


Рис. 2.3 – Життєві форми рослинності за Раункієром К.

ти умов або доступних ресурсів. Ці градієнти бувають просторовими або тимчасовими; останні, у свою чергу, можуть бути циклічними (наприклад, за добовим або сезонним ритмом), спрямованими (накопичення забруднюючої речовини у водоймі) або неупорядкованими (пов'язаними з пожежами, градом і тайфунами).

3. Поява одних організмів у певній частині місця мешкання одразу ж підвищує ступінь різноманітності для інших.

Незважаючи на те, що форми вивчаються вже давно, ця проблема ще остаточно не вирішена. Сама наявність великої кількості класифікацій є цьому підтвердженням.

Варто звернути увагу на те, що “життєві форми” існують також у тварин. Звичайно, для них існують зовсім інші **класифікаційні ознаки**: особливості розмноження, засоби пересування або добування їжі, відношення до різних екологічних ніш, ярусів і т. ін. Найпоширенішою класифікацією є класифікація Кашкарова Д. М.

**Екотипи.** Термін “екотип” був уперше використаний щодо деяких рослин для опису внутрішньовидових генетично зумовлених локальних відповідностей між організмами та середовищем.

Екотип (за Ситником К. М., 1994) – група особин якогось виду, що пристосовані до умов певного місця мешкання і відрізняються від інших організмів того ж виду спадково закріпленими морфологічними та фізіологічними особливостями. Екотип є початковою формою видоутворення. Якщо у якоїсь сукупності особин виникли які-небудь особливості у

**Екотип** – сукупність особин будь-якого виду організмів, пристосована до умов місця мешкання і яка має спадкоємні ознаки, що обумовлені екологічно.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

зв'язку з особливостями місця мешкання, але при перенесенні їх на нове місце мешкання ці особливості зникають, то дану сукупність не можна вважати екотипом. Таким чином, для екотипу характерні відносно стійкі особливості, які формуються під впливом специфіки місця мешкання організмів.

Бігон М. наводить випадок з місцем мешкання організмів в умовах підвищеної концентрації важких металів. Рослини, що росли під огорожею з оцинкованого заліза, сформували стійкість до цинку не більш ніж за 25 років. Є також відомості про формування такої стійкості за 300 років. Зміни, що сталися, виражаються у формі росту, потребі у воді, термінах початку вегетації, річному циклі росту, тривалості життя та “силі росту”, строках цвітіння, реакції на біогенні елементи та, нарешті, у підвищеній стійкості до токсичних металів.

**Генетичний поліморфізм.** Виділяють *сезонний поліморфізм* – варіабельність особин послідовних поколінь протягом року (наприклад, літні та осінні форми деяких метеликів, весняні та осінні форми дзвіночків і інших рослин).

**Поліморфізм – існування в межах одного виду рослин або тварин двох (диморфізм) чи більше груп особин із різко відмінними ознаками. (Ситник К. М., 1994)**

Існує також *статевий поліморфізм* (наприклад, у бджіл – трутні, робочі бджоли, матки) і *віковий поліморфізм* (наприклад, різні види спороношення у багатьох грибів).

*Поліморфізм має велике біологічне значення, оскільки дозволяє виду існувати у контрастних умовах середовища, а також дає матеріал для видоутворення за допомогою дивергенції ознак різних груп особин, що становлять поліморфний ряд.*

Цей ще більш детальний аналіз популяційних структур для виявлення мінливості усередині невеликих локальних популяцій приводить нас до поняття генетичного поліморфізму.

Генетичний поліморфізм відображає локальні відповідності між рослинами та локальними особливостями місця мешкання.

Між тим далеко не всі зміни відбивають відповідність між організмами та середовищем. Можуть, навпаки, спостерігатися невідповідності, коли одна форма проникає у місце мешкання іншої або одна форма витісняє іншу, краще пристосовану до змінених умов. Такий поліморфізм називається *скороминуючим*. Саме він переважає, оскільки умови весь час змінюються і жодна популяція ніколи не встигає за змінами умов.

Відомий досвід із конюшиною (рослини викопували, висад-

жували в теплицю, а потім знову повертали в природні умови, але в різні місця) показав, що кожна особина або різновид розподіляється та росте краще там, де росла раніше, тобто кожна з них повністю відповідає локальним біотичним умовам існування. Мінливість, принаймні частково, обумовлена генетично та відображає відповідність між організмами і середовищем.

**Генетичний поліморфізм** – це “співіснування у межах одного і того ж місця мешкання двох або більше чітко відмінних внутрішньовидових форм, причому у таких співвідношеннях, що постійна наявність найрізкішої з цих форм не може бути сформована тільки за рахунок безперервного мутагенезу”.

(Ford E., 1940)

Прикладом поліморфізму у тварин може бути поліморфізм у популяціях равлика. Вони займають різні місця мешкання. Для того, щоб уникнути знищення хижаками (у конкретному випадку – дроздами), равлики змінюють колір мушлі та малюнок на ній. Таким чином, будь-який равлик поліморфний або за кольорами, або за малюнком.

Існує також *фенотипічний поліморфізм* – рослини, пристосовуючись до середовища (частіше – водного), утворюють листя більш ніж одного типу, тим самим компенсуючи коливання рівня води та забезпечуючи ефективність життєдіяльності.

### Допоміжний словник

**Екологічна пластичність** – ступінь (амплітуда) витривалості організмів або їх угруповань до впливу факторів середовища (порівн. *Толерантність*).

**Саморегуляція екосистеми** – процес, внаслідок якого екосистема відновлює свої властивості після будь-якого природного або антропогенного впливу.

**Дивергенція** – поступове розходження ознак та властивостей організмів у ході еволюції, як результат – утворення нових видів.

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 2

### • *Питання для обговорення*

1. Від чого залежить засіб переживання циклічних змін природного середовища?
2. Прокоментуйте переваги і недоліки безпосереднього реагування і реагування на сигнальний фактор. Наведіть приклади.
3. Де і за яких умов спостерігається багаторазове розмноження організмів?
4. У чому різниця між двома групами медулярних рослин?
5. Що може слугувати підставою для твердження: угруповання – об'єкт вивчення сінекології?

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Назвіть основні припущення, що лежать в основі теорії еволюції Дарвіна Ч.
2. За рахунок чого природа здійснює природний відбір?
3. Що таке ріст модулярних організмів?
4. У чому відмінності понять «адаптація» та «абаптація»?
5. У чому суть методу ординації?

### • *Обґрунтуємо проблемність питань*

1. Чим може пояснюватися щодобова міграція живих організмів? Наведіть приклади.
2. Чому вважається, що основним параметром популяції є щільність?
3. Вважається, що поліморфізм має велике біологічне значення. Чому?
4. Чому підвищення складності веде до зростання стійкості угруповань?
5. Що може відбуватися в результаті аналогічного способу життя у різних груп організмів?

### • *Дискутуємо з проблемних питань*

1. Поясніть, чому серед тварин відзначається тенденція існування більшої кількості дрібних видів, ніж великих?
2. Чи можлива саморегуляція екосистеми після техногенної катастрофи?
3. Чому Бігон М. вважає головною задачею екології опис, тлумачення та розуміння закономірностей поширення та динаміки чисельності живих істот?
4. Чому в Європі значно менше різноманіття лісових порід порівняно з Північною Америкою?
5. Навіщо вивчати закономірності біологічних демографічних процесів?

### • *Training*

1. Перелічіть основні «законои» і «закономірності» встановлення відповідності між організмами і середовищем, що змінюється.
2. Який принцип Раункієр К. поклав у основу своєї класифікації рослин. Назвіть типи рослинності за його класифікацією.
3. Наведіть приклади розселення активного і пасивного.
4. Перелічіть основні популяції за Бекмешевим В. І.
5. Наведіть приклади унітарних організмів вод та суші.

### • *Прокоментуйте вислови, цитати*

1. Прокоментуйте погляди Клементса Ф. (1916) щодо визначення угруповань як надорганізмів.
2. Прокоментуйте одну з причин різноманіття рослинних форм: «...поява одних організмів у певній частині мешкання одразу ж підвищує ступінь різноманітності для інших».
3. У чому суть цитати з підручника «... прикладом відповідності між організмом і середовищем є залежність організмів одного виду від організмів іншого виду (пари видів)»?
4. Уїттекер Р. вважає, що угруповання – це «система... часто конкуруючих один з одним видів». Прокоментуйте його точку зору.
5. Що означає вислів: «Організми, адаптовані своїм минулим»?

### • *Визначіться в ситуації*

1. Що станеться, якщо в процесі коеволюції міжвидова взаємодія буде постійно підсилюватися та поглиблюватися?

2. У якому випадку у організмів настає попереджувальна сплячка?
3. Що може статися, якщо почне впливати екстремальний абіотичний фактор (суворість середовища)?
4. Які наслідки має поява підвищеної смертності та міграції популяції?
5. Що відбуватиметься, якщо місце мешкання певних рослин буде знаходитися в умовах підвищеної концентрації важких металів?

### • *Творчі питання*

1. Поясніть, чому поняття «пристосованість» вважається відносним, а не абсолютним?
2. Розкрийте особливості «теорії порушень». Обґрунтуйте свої пропозиції.
3. Чому одна з основних рушійних сил сукцесії – зміна ґрунту першими колоністами?
4. Чому необхідно визначати характеристики статевої структури популяції? Який показник для цього використовують?
5. Як пояснити те, що відповідність між організмами і середовищем може проявлятися в схожості трофічних?

### • *Визначення провідних понять*

1. Дайте узагальнене визначення поняття «екологія».
2. Що собою уявляє поняття «угруповання» (за Дедю І. І.)?
3. Що таке сукцесія, процес сукцесії і в чому особливості деградаційної сукцесії?
4. Дайте дефініцію поняття «особина».

### • *Віхи історії*

1. Коли і ким була запропонована теорія еволюції?
2. Хто створив найпоширенішу класифікацію тварин і що було покладено в її основу?
3. Хто запропонував першу класифікацію рослин? У чому були недоліки цієї «класифікації»?
4. В якому році і ким був введений термін «популяція у природі»? Звідки він запозичений?

5. Для чого уперше був використаний термін «екотип»?



Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Екологічний факультет  
Кафедра екології та неоекології

Загальна екологія та неоекологія

Письмовий тест-контроль до модуля 2  
«Взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем»

**Частина 1 (33 бали)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Ким і коли вперше, ще до Геккеля Е., зроблена спроба пояснити відповідність між організмами і навколишнім середовищем? \_\_\_\_\_ (2 б.)
2. Перерахуйте в основних поняттях широкий комплекс «законів» і «закономірностей» встановлення відносності між організмами і середовищем, що змінюється? \_\_\_\_\_ (8 б.)
3. Яка, на Ваш погляд, головна різниця між «міграцією» й «розселенням»? \_\_\_\_\_ (8 б.)
4. Яким чином організми уникають несприятливих умов існування? \_\_\_\_\_ (7 б.)
5. Як Ви можете пояснити сутність паралельної еволюції? \_\_\_\_\_ (5 б.)
6. Яка різниця між двома засобами реакції організмів на зміни навколишнього середовища: між зміною у відповідь на зміну умов навколишнього середовища та реагуванням на сигнальний фактор? \_\_\_\_\_ (3 б.)

**Частина 2 (28 балів)**

***Алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вирази, цифри тощо.*

1. Під розселенням у часі розуміють \_\_\_\_\_ (2 сл.) (2 б.)
2. Прикладом циклічних змін особливостей способу життя є такі \_\_\_\_\_ (7 сл.) (7 б.)

3. Безперервне багаторазове розмноження проявляється там, де не діють \_\_\_\_\_ (2 сл.), у тих організмів для яких \_\_\_\_\_ (2 сл.), що відбуваються у зовнішньому середовищі по суті не значимі через високу досконалість \_\_\_\_\_ (2 сл.) (6 б.)
4. Угруповання – це асоціації взаємодіючих \_\_\_\_\_ (4 сл.), що зазвичай визначаються характером їх \_\_\_\_\_ (1 сл.) або \_\_\_\_\_ (2 сл.) (7 б.)
5. Реймерс М. Ф. вважає, що пристосованість є синонімом \_\_\_\_\_ (1 сл.) (1 б.)
6. Паралельна еволюція відбувається коли в різних систематичних групах під впливом \_\_\_\_\_ (1 сл.) відбуваються \_\_\_\_\_ (2 сл.), що призводять до виникнення певних \_\_\_\_\_ (2 сл.) (5 б.)

### **Частина 3 (6 балів)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірне наведене твердження.*

11. Конвергенція (за Ситником К. М.) – це коли при аналогічному образі життя у різних груп **ТАК** **НІ** організмів виникають схожі зовнішні ознаки.
12. Різноманітність організмів віддзеркалює різноманіття тих умов, в яких проходило життя та **ТАК** **НІ** розвиток кожного із видів.
13. Залежність організмів одного виду від організмів іншого виду (пари видів) не є прикладом **ТАК** **НІ** відповідності між організмом і середовищем.
14. Екотип є початковою формою видоутворення. **ТАК** **НІ**
15. При фенотипічному поліморфізмі рослини, пристосовуючись до середовища, утворюють листя **ТАК** **НІ** одного типу.
16. Звичайний перелік видів не є характеристикою **ТАК** **НІ** угруповання.

#### Частина 4 (12 балів)

##### *Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання*

**Умови використання завдання:** Знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б.

##### Група А

- А. Енергетичний бюджет.
- Б. Клімакс.
- В. Опис угруповань.
- Г. Суворість середовища.
- Д. Екотип.
- Е. Унітарні організми.
- Ж. Модулярні організми.

##### Група Б

- 1. Склад групи особин.
- 2. Екстремальний абіотичний фактор.
- 3. Сукупність особин, пристосована до умов місця мешкання.
- 4. Заклучна фаза біоценотичної сукцесії.
- 5. Будова і розмноження організмів обумовлені генетично.
- 6. Різноманітність.
- 7. Сильно забруднені річки.
- 8. Із зиготи розвивається одиниця будови.
- 9. Особини, що мають спадкоємні ознаки
- 10. Співвідношення між енергією отриманою ззовні і її витратою на життєдіяльність
- 11 Солоні озера

##### **Відповіді:**

А –

Б –                      В – ...

#### Частина 5 (20 балів)

##### *Репродуктивний рівень пізнання*

**Умови виконання завдання:** Знайдіть вірну відповідь.

- 1. Структура популяції:
  - а) форма адаптації до умов існування;
  - б) характеризує сучасний стан популяції;
  - в) характеризує можливості розвитку в майбутньому.
- 2. Демографія біологічна вивчає наступні статистичні відомості:
  - а) статевий склад;                      б) вік;                      в) щільність популяції;
  - г) чисельність;                      д) шляхи міграції;
  - є) градієнтний аналіз.
- 3. Стан спокою передбачає:
  - а) підвищення ймовірності залишити потомство;

- б) розселення у часі; в) збільшення стійкості особин до впливу несприятливих зовнішніх умов;
- г) переживання посушливого сезону року.
- 4. Алогенна сукцесія:
  - а) формується на знов освоєних територіях при відсутності поступової зміни абіотичних факторів;
  - б) обумовлена зовнішніми геофізико-хімічними обставинами;
  - в) визначається змінами умов середовища.
- 5. Адаптація виражається у:
  - а) зміні зовнішніх особливостей організму;
  - б) зміні внутрішніх особливостей організму;
  - в) пристосування організму;
  - г) виникає еволюційно.
- 6. Основним параметром популяції є щільність, що являє собою:
  - а) число особин у перерахуванні на одиницю площі;
  - б) кількість біомаси популяцій на об'єм повітря;
  - в) число особин не одного господаря.

## **Частина 6 (32 балів)**

### ***Творчий рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

1. Що, на Ваш погляд, зумовлює форми життя? \_\_\_\_\_ (5 б.)
2. Що має відбутися, якщо тварина впадає в попереджувальну сплячку \_\_\_\_\_ (4 б.)
3. Яка може скластися ситуація сукцесії, якщо деякі види-піонери дуже сильно вплинуть на середовище існування \_\_\_\_\_ (8 б.)
4. Що означає для популяції ситуація катастрофи \_\_\_\_\_ (8 б.)
5. Чому утворення незайнятих ділянок території має важливе значення для прикріплених та малорухомих видів \_\_\_\_\_ (7 б.)

## **Модуль 3. ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ОРГАНІЗМІВ МІЖ СОБОЮ**

Програмні матеріали до модуля 3

## **НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО МОДУЛЯ 3**

### **Основні**

1. Конкуренція.
2. Життєвий цикл.
3. Розміри особини.
4. Репродуктивна цінність.
5. Теорія чисельності видів.
6. Популяційні цикли.
7. Мутуалізм.
8. Конкуренція внутрішньовидова, міжвидова, експлуатаційна, інтерференційна, наземна та підземна.
9. Хижацтво.
10. Екологія поведінки.
11. Переключення.
12. Перевага.
13. Паразити та патогени.
14. Некротрофні та біотрофні паразити.
15. Мікропаразити, макропаразити.
16. Паразитоїди.
17. Аменсалізм.
18. Коменсалізм.
19. Ектопаразити.
20. Некротрофи.
21. Біотрофи.
22. Розкладання.
23. Фіксація.
24. Мінералізація хімічних речовин.
25. Редуценти і детритофаги.
26. Розмноження, фіксація, мінералізація.
27. Ризосфера, філосфера.
28. Спеціалізовані редуценти.
29. Чисельність детритофагів.
30. Мутуалізм.

### **Додаткові**

1. Онтогенез.

2. Розмноження моноциклічне і поліциклічне.
3. Соматичні тканини організму.
4. Реальний життєвий цикл.
5. Місця мешкання.
6. Чисельність.
7. Поширеність виду.
8. Інтенсивність присутності виду (ступінь концентрації популяції).
9. Симбіоз.
10. Закон саморозрідження популяцій.
11. Симетрична і асиметрична міжвидова конкуренція.
12. Таксономічна і функціональна класифікація хижаків.
13. Хижаки монофаги, оміофаги, поліфаги.
14. Голопаразити, напівпаразит.
15. Епідеміологія.
16. Гомеостаз.

### **ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 3**

Основна мета модуля 3 – вивчити все різноманіття безпосередньої взаємодії між живими організмами: конкуренція, хижацтво, паразитизм, мутуалізм і детритофагія.

#### **• *Знання, якими повинен володіти студент в результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 3***

1. Дійсні ознаки взаємодії організмів.
2. Відмінності внутрішньовидової та міжвидової конкуренції.
3. Сутність внутрішньовидової конкуренції.
4. Умови існування конкуренції.
5. Види внутрішньовидової конкуренції.
6. Коли територія стає ресурсом?
7. Чи є територіальність гнучким і тонким поведінковим механізмом, обумовленим поведінкою?
8. Сутність міжвидової конкуренції.
9. Назвати головне правило міжвидової конкуренції.
10. Види міжвидової конкуренції.

11. Результати дії різних класів хижаків.
12. Класифікацію хижаків за кількістю використовуваних ними жертв.
13. Розуміти, у яких випадках хижацтво приносить користь. Приклади.
14. Пояснити суть компенсуючого послаблення внутрішньовидової конкуренції?
15. Чи є межа шкідливого впливу хижака на популяцію?
16. Знати основну ідею неоднорідності середовища.
17. Що важливо для розробки стратегії промислу?
18. Формулювати ключовий момент у різноманітті визначень паразитизму.
19. Класифікацію паразитів.
20. Знати, що є ресурсами для детритофагів і редуцентів.
21. Відмінність мутуалістів від паразитів та вільно проживаючих сородичів.
22. Складність поведінкових зв'язків при мутуалізмі.

**• Уміння, які мають сформуватися у студента  
в процесі вивчення модуля 3**

6. Вміти назвати основні типи взаємодій.
7. Уміти визначати кінцевий ефект внутрішньовидової конкуренції.
8. Вміти визначати місце та значення саморозрідження популяції.
9. Вміти навести приклади і дати характеристику кожного класу хижаків.
10. Уміти навести приклади у випадку, коли хижацтво приносить користь.
11. Уміти назвати види поведінки.
12. Вміти навести приклади біологічних засобів боротьби зі шкідниками.
13. Перелічити види взаємодії, в яких людина виступає як хижак.
14. Уміти використовувати центральну, головну концепцію теорії та практики промислу.

• **Навички, які повинні бути сформовані в процесі вивчення модуля 3**

1. Розрізняти паразитизм та напівпаразитизм.
2. Розрізняти чоловічі та жіночі особини у рослин та тварин.
3. Використовувати спеціалізації мікроорганізмів.
4. Розробляти концепцію максимальної підтримки врожаю (МВП)
5. Дотримуватись та контролювати дотримання фіксованої квоти на вилучення особин тварин за певний період.

**Література до модуля 3**

**Основна**

1. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд; пер. с англ. – М. : Мир, 1989.
2. Бровдій В. М. Системоутворюючі закони екології: навч. посіб. / В. М. Бровдій, О. О. Гаца; за ред. В. М. Бровдія – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2002. – 173 с.
3. Бровдій В. М. Закони екології (соціально-економічні, геофізичні, геохімічні): навч. посіб. / В. М. Бровдій, О. О. Гаца; за ред. В. М. Бровдія. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2003. – 179 с.
4. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Глав. ред. Молд. Сов. энциклоп., 1990. – 408 с.
5. Запольський А. К. Основи екології: підруч. / А. К. Запольський, А. І. Салюк; за ред. К. М. Ситника. – К. : Вища школа, 2001. – 358 с.
6. М'якушко В. К. Екологія / В. К. М'якушко, Ф. В. Вольвач. – К. : Вища школа, 1984. – 168 с.
7. Некос В. Е. Основы общей экологии и неоекологии: учеб. пособ. в 2-х ч. / В. Е. Некос. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 1998. – Ч. I. – 138 с.
8. Одум Ю. Екологія: в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1-2.
9. Реймерс Н. Ф. Популярний біологічний словник / Н. Ф. Реймерс. – М.: Наука, 1990 – 544 с.
10. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник /



Реймерс Н. Ф. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

11. Стадницкий Г. В. Экология: учебн. для вузов. Изд. 7-е, стереотипное. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2002. – 288 с.
12. Стадницкий Г. В. Законы экологии: учебно-справочное пособ. / Г. В. Стадницкий. – СПб. : С-Пб. госуд. технол. ун-т растительных полимеров, 2003. – 36 с.
13. Сухарев С. М. Основи екології та охорони довкілля: навч. посіб. [для студентів ВНЗ] / С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – К. : Центр навч. літератури, 2006. – 394 с.

### Додаткова

1. Агесс П. Ключи к экологии / П. Агесс. – Л. : Гидрометео-издат, 1982. – 97 с.
2. Богданова Т. Л. Справочник по биологии / Т. Л. Богданова, А. В. Брайон, А. В. Денисьевский; под ред. акад. Сытника К. М. – К. : Наукова думка, 1985. – 584 с.
3. Дажо Р. Основы экологии / Р. Дажо – М.: Прогресс, 1975. – 416 с.
4. Мусієнко М. М. Екологія. Охорона природи. Словник-довідник / М. М. Мусієнко, О. В. Серебряков, О. В. Брайон. – К. : Т-во Знання КОО, 2002. – 550 с.
5. Некос А. Н. Екологія та неоекологія. Термінологічний українсько-російсько-англійський словник-довідник / А. Н. Некос, Н. І. Черкашина, В. Ю. Некос. – [3-е вид., доп. анг.] – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2009. – 478 с.
6. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, гипотезы). – М. : Журнал « Россия молодая», 1994. – 367 с.
7. Сытник К. М. Словарь-справочник по экологии / [К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Гордецкий и др.] – К. : Наук. думка, 1994. – 666 с.

## Навчальні матеріали до модуля 3

### 3.1 ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ОРГАНІЗМІВ

Проблемність даного модуля полягає у виявленні форм взаємодії організмів та динамічної рівноваги організмів із середовищем, у пошуку визначаючих факторів саморегуляції динамічної рівноваги, у визначенні негативної та позитивної взаємодії і т. ін. при всіх протиріччях, що існують у поглядах дослідників на цю проблему. І зрозуміло, що тільки репродуктивним рівнем (копіюванням) і навіть репродуктивно-варіативним (самостійність не тільки в копіюванні, але також у виборі засобів діяльності, дій у визначенні інтерпретації) тут не обійтися. Необхідно використати творчий рівень, проявити ініціативу, самостійність у виборі найбільш імовірного варіанту, знайти оптимальний засіб вирішення існуючих проблем. Із цією метою розкриті в підручнику найважливіші питання, у той же час залишається необхідність роботи з додатковою літературою для правильного вибору, прийняття вірного рішення.

Організми, взаємодіючи тим чи іншим чином, безпосередньо впливають на життєдіяльність один одного.

Якщо такого впливу немає, то відсутня і взаємодія. Саме тут виникає проблема.

***Класична ботанічна концепція виходить з уявлення, що рослини конкурують між собою за світло, воду, поживні речовини та простір, а мікроорганізми – за всі згадані фактори, крім світла.***

**(М'якушко В. К., Вольвач Ф. В., 1984)**

Останнім часом склалася думка, що основна боротьба мікроорганізмів відбувається за субстрат, що є джерелом енергії, і що боротьби за воду та мінеральні елементи серед мікроорганізмів взагалі не існує. Вода – основний фактор, що зумовлює активність мікроорганізмів. Але у метаболічних реакціях мікроорганізмів вода частіше виробляється, ніж

споживається. Що ж відбувається насправді? Це і є творчим завданням для кожного студента-еколога.

Надзвичайно важливим в традиційній екології є розкриття законів і закономірностей індивідуального розвитку організму, у знаходженні як подібних етапів розвитку, так і відмінностей.

Кожен організм, незалежно від тривалості життя, розмірів, зростання та інших особливостей, проходить єдині визначні цикли розвитку, і треба зуміти чітко визначити кожен стан і передбачити наступні.

Важливою є проблема пошуку шляхів кількісного визначення окремих характеристик життєвого циклу, тобто перехід від якісної до кількісної оцінки.

Життєвий цикл – це чітко визначений шлях, своєрідне русло, наповнене особливим потоком речовин життя, енергією, інформацією. Течія цього русла визначається тим конкретним середовищем, у якому воно знаходиться. Чим ширше це русло, тим впевненіше воно прокладає шлях. І тим більше особливості середовища однаково діють і на великі, і на малі творіння природи.

**Життєвий цикл – у нижчих організмів, що розмножуються діленням – період від ділення до ділення; у вищих багатоклітинних організмів – період від народження (через ріст, перетворення, дозрівання, розмноження, одряхління) до смерті.**

Саме це необхідно виявити і використати у практичній діяльності. Тільки творчий пошук може допомогти встановити залежність одних фактів від інших і зробити крок до створення екологічного еквіваленту періодичної системи елементів.

Головна закономірність життєвого циклу полягає в тому, що «життєвий цикл організму часто відображає умови середовища його проживання та взаємодії з багатьма іншими організмами» (Бігон М. та ін., 1990).

Цікаво, що Бігон М. у вступі до другого тому своєї фундаментальної праці дає наступне визначення екології: «Екологію правильніше розуміти як багатомірну сукупність тем, що

розгалужуються у всіх напрямках». Тема «Життєвий цикл» є одним з найважливіших напрямків в екології.

Справа в тому, що не існує будь-якого «характерного» етапу в онтогенезі організму, за яким можна було б робити висновки щодо всього різноманіття живого.

**Онтогенез** (от греч. он – існуюче, генез), онтогенія – індивідуальний розвиток від заплідненого яйця (при партеногенезі – від незаплідненого яйця; при вегетативному розмноженні – від частини материнської особини; при розмноженні діленням – від ділення до ділення) до кінця життя особини.

(Геккель Е., 1866)

Що визначає життєвий цикл? Він включає особливості росту, диференціювання, накопичення запасів і розмноження в різні періоди онтогенезу. У різних видів неоднакова тривалість фізичного росту і диференціювання, що передують розмноженню. Розмноження не може бути одно- або багаторазовим, більш-менш співпадаючим із закінченням росту або таким, що йде одночасно зі збільшенням розмірів особини.

Спроби пояснення *схожості і відмінностей* життєвих циклів – один з найважливіших аспектів традиційної екології.

Принципова відмінність вивчення типів життєвих циклів полягає в тому, що воно пов'язано насамперед з відносними, а не з абсолютними величинами, тобто з можливістю пояснити, чому, наприклад, яйця одного виду більші, ніж яйця іншого, або чому статева зрілість настає швидше або повільніше. Коли ми кажемо, що слон великий, то маємо на увазі, що він значно більший, ніж інші тварини, якщо ж це твердження доповнити відомостями, що той же слон випиває за добу 230 л води, тоді як людина всього 1,5 л, то стане ще ясніша його величина. Таким чином, дослідження життєвих циклів тісно пов'язане із використанням таких понять, як «більше», «довше» і т. ін.

Необхідність вивчення життєвих циклів диктується потребою виявити хоча б загалом якісь повторювані закономірності в тому, як організми проживають своє життя. Це свого роду спроба

створити екологічний еквівалент Періодичної системи елементів (Soutwood T., 1977). Бігон М. стверджує, що екологів чекає те ж, що хіміків XVIII ст., коли «кожен факт повинен був відкриватися та запам'ятовуватися незалежно від інших». Саме тому дуже потрібно відшукати наявність чи відсутність закономірностей, що повторюються в тому, як організми проживають своє життя.

Компонентами життєвих циклів є *розміри особи, швидкість росту та розвитку, характер розмноження, ознаки соматичних тканин організму*.

**Розміри** — найбільш очевидна характеристика життєвого циклу організму. Великий розмір може підвищити його конкурентоздатність, особина краще зберігає постійний рівень функціонування при коливаннях параметрів середовища.

Із розмірами пов'язана виживаність великих організмів. Разом з тим великі розміри — це також зростання небезпеки (буран швидше знищить велике дерево).

**Швидкості росту та розвитку.** Ріст і розвиток відбуваються одночасно. Однак це два зовсім окремих процеси. Одній і тій же стадії онтогенезу може відповідати широкий діапазон розмірів, а екземпляри однакового розміру можуть помітно розрізнятися за рівнем розвитку.

**Розмноження.** Організми можуть породжувати потомство або за один-єдиний акт розмноження (*моноциклічність*), або протягом декількох незалежних актів (*поліциклічність*), зберігаючи здатність до наступного розмноження. Плідність тим більша, чим більше число цих актів. Чисельність успішного потомства даної особи в багатьох випадках підвищується зі збільшенням розмірів організмів, що народжуються. Але розмноження не єдиний компонент життєвого циклу. Важливе значення може належати також *ознакам соматичних тканин організму*.

З ними пов'язані такі питання, як турбота про потомство, тривалість життя, розселення, запаси ресурсів, захисна активність та активність при полюванні.

**Сома** (от греч. тіло) – тіло організму; сукупність клітин багатоклітинного організму, виключаючи статеві.  
**Соматичний** – пов’язаний з тілом.

З життєвим циклом нерозривно пов’язане поняття *репродуктивної цінності*. Це словесна характеристика, за допомогою якої характеризується безліч ознак різноманітних життєвих циклів, віддзеркалюючи при цьому хід еволюції.

**Репродуктивна цінність** — міра сумісної дії плідності та виживання, що одночасно враховує відносний (а не абсолютний) внесок кожного організму в майбутнє популяції.

**Реальний життєвий цикл** – це компромісна витрата ресурсів. Необхідно витрачати свої ресурси й на розмноження, і на виживання, піклуватися про ресурси потомства і т. ін. Важливе значення в життєвому циклі має місце мешкання організму.

**Місця мешкання і їхня класифікація.** Організм формується під безпосереднім впливом *місця мешкання*. Місця мешкання **за часом** можуть бути *незмінними, сезонними, непередбаченими* або *ефемерними*; **у просторі** – *безперервними, плямистими* або *ізолюваними*.

**Чисельність.** Англійське слово «*abundance*» (букв. «ряснота») переводиться і як чисельність. На чисельність впливає безліч факторів, що здійснюють комплексний вплив. Це і фізико-хімічні умови, і забезпеченість ресурсами, і вплив конкурентів, хижаків, паразитів і т. ін.

Чисельність визначають шляхом обліку, корелюючи отримані дані з факторами навколишнього середовища. Рясність тісно пов’язана із *внутрішньо-популяційною неоднорідністю, еміграцією та імміграцією*. Всі популяції безупинно змінюються: нові організми народжуються або прибувають як іммігранти, а попередні гинуть чи емігрують. Одна з основних властивостей популяційної динаміки – це поєднання змін з відносною стабільністю.

**Теорія чисельності видів** спирається на чітке розрізнення факторів, що визначають і регулюють щільність популяції.

Регулювання означає наявність у популяції тенденції до зменшення чисельності при перевищенні певного рівня та до збільшення її, коли цього рівня не досягнуто. Вважається, що регулювання популяції може бути тільки результатом одного або більше залежних від *щільності* процесів, що впливають на *народжуваність* (і/або імміграцію) та/або *смертність* (і/або еміграцію).

**Популяційні цикли** – регулярна циклічність у зміні чисельності тварин.

Циклічність може бути пов'язана з періодичними коливаннями параметрів середовища та з внутрішньовидовими демографічними процесами.

Існують *цикли* та *квазіцикли* (тенденція до циклічної мінливості). На жаль, немає жодної теорії, що задовільно пояснює це явище.

При встановленні залежності чисельності від розселення варто враховувати, що *розселення* — головна подія, яка визначає розмір популяції.

Коли облік здійснюється тільки усередині місця мешкання популяції, це явище зазвичай не беруть до уваги. Необхідно виробити такі засоби, які враховували б і розселення. Навіть у прикріплених організмів, що не мають можливості розселятися у повнолітньому стані, все-таки є важко контрольовані стадії розселення.

*Поширеність* виду необхідно відокремлювати від *інтенсивності його присутності* (ступеня концентрації його популяцій). Визначення поширеності також вимагає обліку числа і розмірів видів усього ареалу.

Існують *звичайні* та *рідкісні* види. Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) публікує у Червоних

книгах (у 1966 р. вийшли перші томи «Червоної книги фактів» (Red Data Book), а збір інформації для Червоних книг почався у 1949 р.) описи рідкісних видів у глобальному масштабі, яким загрожує повне зникнення.

**Рідкісні види** – такі, що не знаходяться під прямою загрозою зникнення, але зустрічаються у такій малій кількості особин або популяцій, чи то на дуже обмеженій території, чи то в особливо специфічних місцях мешкання, що може швидко зникнути.

Причиною рідкисності є наступні фактори: 1) якщо придатні для даного виду ділянки рідко зустрічаються або малі за площею; 2) придатність місць мешкання занадто нетривала; 3) вплив конкурентності (сильного впливу хижаків або паразитів); 4) нестача важливих ресурсів – їжі, сховищ; 5) недостатня спадкоємна мінливість представників виду звужує діапазон придатних місць мешкання; 6) недостатня фенотипічна пластичність його представників також звужує діапазон придатних місць мешкання; 7) конкуренти, хижаки, паразити і т. ін. утримують щільність популяцій нижче рівня, що забезпечується доступними ресурсами.

Зміни у рясності або рідкисності видів нерідко утворюють проблеми, особливо коли підвищення чисельності виду спричиняє його перетворення на бур'ян або шкідника, а також коли падіння чисельності загрожує йому винищенням (у цьому випадку на нього поширюються природоохоронні заходи).

Деякі з цих проблем – це просто ностальгія за колишньою природою, інші мають під собою реальну основу. Зрештою є підстави сподіватися, що екологія досягне такого рівня, що ми зуміємо не тільки зрозуміти, чим визначаються *рясність* і *рідкисність*, але і як ними керувати.

### 3.2 ЗАКОНИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ ВЗАЄМОВІДНОСИН ОРГАНІЗМІВ



Дажо Р. (1975) розрізняє два типи взаємодії між організмами, що населяють відповідне середовище:

1) *гомотипові* реакції, тобто взаємодія між організмами одного виду (особини бука взаємодіють між собою); до них належать реакції типу *групового ефекту* (зміни, пов'язані з об'єднанням тварин одного виду), *масового ефекту* (зумовлений перенаселенням середовища при перевищенні оптимуму), *внутрішньовидової конкуренції* (загостряється в міру ущільнення популяції);

2) *гетеротипові* реакції, де взаємодіють особини різних видів (бук і граб в грабово-буковому лісі); вплив особин одного виду на особин іншого може бути нульовим (0), сприятливим (+) або ж несприятливим (–).

Звичайно виділяють такі основні типи взаємодій між організмами (видами, популяціями): нейтралізм, конкуренція, аменсалізм, паразитизм, хижацтво, коменсалізм, симбіоз (протокооперація, мутуалізм). Нижче наводиться їх стисла характеристика (0 означає відсутність значних взаємодій, + означає стимулювання життєдіяльності, – означає пригнічення життєдіяльності).

**Нейтралізм (00)** – така форма взаємодії, за якої організми різних видів, займаючи одну територію, ніяк не впливають один на одного, тобто між взаємодіючими видами немає нічого спільного, їм потрібні різні екологічні умови (наприклад, проживання на одній території зайця і їжака, білки і їжака і т. ін.). Але, як визначають Мусієнко М. М. та ін. (2004), ці організми є елементами одного цілого і тому можна знайти не прямі, а опосередковані непомітні зв'язки. Тому нейтралізм – не такий тип взаємодій, який характеризується відсутністю будь-якого впливу з боку однієї популяції на іншу.

**Коменсалізм (+0)** – постійні або тимчасові взаємовідносини організмів різних видів, при яких для одного організму відносини корисні, а для іншого – нейтральні. Такі зв'язки базуються на однобічному використанні одного виду («хазяїна») іншим (коменсалом) без заподіяння йому шкоди. Коменсалізм, який ґрунтується на споживанні залишків корму партнера, називається *нахлібництвом* (наприклад, в саванах гієни, грифи живляться залишками корму левів). Іншим різновидом комен-

салізму є *квартирантство*, при якому один вид використовує інший як місце проживання, розмноження або транспортний засіб (наприклад, комахи в гніздах птахів). Коменсалізм часто проявляється у вигляді співжиття різних організмів, тому, як вважають Ситник К. М. та ін. (1994), коменсалізм є формою симбіозу. Наприклад, риба-прилипало присмоктується до акули («хазяїна») і пересувається разом з нею, або накипні лишайники ростуть на стовбурах дерев, не завдаючи їм ніякої шкоди.

**Коменсалізм** (лат. *commensalis* – співтрапезник) – нахлібство – особлива форма взаємовідносин між двома видами тварин, коли один з них (коменсал) користується якимись перевагами за рахунок другого (господаря), не завдаючи йому безпосередньої шкоди.

**Конкуренція** (– –) – активна боротьба між двома або кількома організмами (видами) за засоби існування чи спільні фактори середовища. Розрізняють *внутрішньовидову* (між особинами одного виду), *міжвидову* (найпоширеніша у природі), *пряму* (взаємне пригнічення двох видів), *непряму* (пригнічення при дефіциті загального ресурсу).

**Конкуренція** (від лат. «конкуррере» – зіштовхнутися, бігти разом) – суперництво, будь-які антагоністичні відносини, що визначаються прагненням краще та скоріше досягти якої-небудь мети порівняно з іншими членами угруповання.

(Реймерс М. Ф., 1991)

**Внутрішньовидова конкуренція.** Будь-який організм частину свого життя входить до складу популяції, що складається з особин одного і того ж виду. Особини одного виду мають схожі потреби, задоволення яких забезпечує їх виживання, ріст і розмноження. Однак, їх сумарні потреби в якому-небудь ресурсі можуть у цей момент перевищувати його запас. У такому випадку особини одного виду конкурують за ресурс та, зазвичай,

якась частина особини його втрачає. Наслідки – загибель. Чим менше ресурсу, чим більші енергетичні витрати на його пошук, тим вища імовірність загинути при обмеженому раціоні. У рослин підвищення щільності популяції зменшує внесок кожної особини в наступне покоління (тому що рослини будуть дрібними, нерозвиненими та дадуть мало насіння), впливаючи на плідність і здатність до виживання.

Важливо, що конкуренція може існувати тільки в ситуації, коли ресурс обмежений (наприклад, кисень не обмежений, він не створює конкуренції, а світло для листа рослини обмежене, тут і виникає конкуренція).

**Конкуренція експлуатаційна** – вплив організмів один на одного опосередкований – через їжу, світло і т. ін.

**Конкуренція інтерференційна** – безпосередній тиск один на одного, адже не можна зайняти місце мешкання іншої особини та використовувати наявні там ресурси.

У цьому випадку сама територія отримує статус ресурсу. Територіальність варто розглядати як гнучкий і тонкий механізм поведінки, що виникає у зв'язку з максимізацією чистого виграшу, що припадає на кожного окремого конкурента.

Одним з характерних для внутрішньовидової конкуренції процесів є *саморозрідження популяцій*. Це явище одержало назву «закону саморозрідження».

**Міжвидова конкуренція.** Сутність міжвидової конкуренції полягає в тому, що у особин одного виду зменшуються плідність, виживання або швидкість росту в результаті використання ресурсу або інтерференції з боку особин іншого виду. Вплив такої конкуренції на динаміку чисельності популяції дуже різноманітний. Головним тут є вже сформульоване правило – *якщо ресурс обмежений, конкуренція обов'язково виникає*. Якщо ресурс у надлишку, то два види, навіть із дуже схожими потребами, конкурувати не будуть. Міжвидова конкуренція

також розпадається на два види: *інтерференційний* та *експлуатаційний*. У випадку експлуатаційної міжвидової конкуренції особини взаємодіють одна з одною опосередковано, реагуючи на зниження кількості ресурсу, пов'язане з активністю конкурентів. Причому один вид може впливати на інший досить слабо, а цей інший може і зовсім не впливати на перший. Це приклад так званої *асиметричної міжвидової конкуренції*.

Міжвидова конкуренція сприяє диференціації виду, розширенню його можливостей виживання, власне сприяє збереженню самого виду, то внутрішньовидова конкуренція має протилежну дію. Згідно з *принципом конкурентного виключення* (закон Гаузе Г. Ф., 1934): два біологічні види з однаковими екологічними потребами не можуть довго існувати разом, одночасно в одному і тому місці – унаслідок конкуренції один вид неминуче витіснить інший. У конкурентній боротьбі перемагає вид, який за даних екологічних умов має якісь переваги над іншим видом, тобто більш пристосований до умов середовища. Конкуренція сприяє природному відбору, запобігає переселенню територій (акваторій), змінює періоди активності виду тощо.

**Екологічна ніша.** Кормова конкуренція приводить до того, що кожний із видів у процесі еволюції пристосувався до своєї *екологічної ніші*, яка характеризує ступінь біологічної спеціалізації даного виду. Дажо Р. (1975) наводить приклад співжиття двох видів бакланів на одних і тих самих скелях: *баклан карбо* пірнає глибоко і виловлює камбалу і креветок, а *баклан аристократівський* полює в поверхневих водах на оселедців і піскарів.

*Екологічна ніша* – місце, яке займає організм у середовищі проживання, обумовлене його потребою в їжі, території та пов'язане з функцією відтворення. Якщо «середовище проживання» означає простір, де мешкає певний організм, то «екологічна ніша» вбирає в себе ту роль, функцію, яку виконує даний організм в середовищі проживання. Американський еколог Гріннел Д. (1917) розглядав екологічну нішу як місце в біогеоценозі, яке займає вид організму, не конкуруючи з іншими видами за використання джерел енергії. Екологічна ніша характеризує ступінь біологічної спеціалізації виду. Інакше кажучи, «середовище – це адреса, за якою мешкає даний організм, тоді як ніші додатково вказують на його заняття, його

професію» (Агесс П., 1982). Екологічна ніша являє собою не лише певні умови середовища, але й спосіб життя і спосіб добування їжі (Елтон Ч., 1933). За образним висловлюванням Одума Ю. (1975), місцезростання – «адреса» організму, а екологічна ніша – його «професія». Співвідношення між екологічними нішами видів *A* і *B* можуть бути дуже різноманітними: 1) можуть повністю накладатися одна на одну; 2) частково збігатися; 3) стикатися; 4) бути повністю розділеними (Злобін Ю. А., 1988).

У межах власної екологічної ніші кожна популяція є найбільш сильним конкурентом. Тому двом різним популяціям з однією і тією ж нішею разом уживатися важко. Менш організовані, але більш здатні до мутації види отримують перевагу і витісняють більш організовані види, займаючи їх екологічні ніші. При цьому, нові види часто виявляються більш агресивними за рахунок своєї високої мінливості (як це має місце з вірусом СНІДу, що прийшов на зміну вірусам корі, скарлатини, тифу, чуми тощо), а також дрібніших за розміром особин (наприклад, копитних тварин у степах можуть замінити гризуни).

Внутрішньовидова і міжвидова *конкуренція* призводить до збіднення якогось ресурсу, незалежно від того, хто його споживає. Наприклад, коли лисиця спіймає зайця, то для інших лисиць та інших хижаків стає однією порцією корму менше.

При *внутрішньовидовій конкуренції* ресурс, за який борються, має бути обмеженим. При *жорсткій конкуренції* всі особини одночасно експлуатують ресурси, але кожна з них використовує те, що залишилося від конкурента. У другому випадку (*суперництві*) одна особина не дає іншій зайняти існуюче місце зростання і використати її ресурси. Внутрішньовидова конкуренція має чимало негативних наслідків: вона не лише збіднює ресурси, що супроводжується затримкою в рості або смертності, але й призводить до змін оточуючого середовища, самоагресії або канібалізму, соціальної та репродуктивної нездатності. В цій ситуації популяція може збільшуватися доти, поки її чисельність не стає надмірною.

Для розуміння *міжвидової конкуренції* необхідно розрізнити такі поняття, як співіснування і конкурентне виключення, екологічне заміщення видів, екологічна компресія і вивільнення,

співіснування і розподіл ресурсів, еволюційна дивергенція (Кучерявий В. П., 2000).

Якщо ж здійснюється взаємний несприятливий вплив, така міжвидова конкуренція називається *симетричною взаємодією*.

Встановлено, що випадки асиметричної взаємодії (зокрема, у комах) зустрічаються у два рази частіше, ніж симетричної.

При інтерференції виду виникає фізична перешкода закріпленню особини іншого виду на обмеженій ділянці. Звісно, що наслідки цього неоднакові для обох видів. Існує також *наземна та підземна конкуренція*.

**Аменсалізм (– 0).** Аменсальні зв'язки спостерігаються у випадках, коли один із двох організмів пригнічується, а другий не зазнає від цього ні шкоди, ні користі. Пригнічений вид у взаємодіючій парі називають *аменсалом*, а того, який пригнічує – *інгібітором*. Наприклад, світлолюбиві рослини пригнічуються від затінення деревом, а дерево не зазнає ніякого впливу; плеснові гриби виділяють антибіотики, які пригнічують бактерії, але бактерії не впливають на гриби).

Особливою формою шкідливо-нейтральних біотичних зв'язків є *алелопатія (антибіоз)* – хімічний вплив одних видів рослин на інші організми (наприклад, рослини виділяють ефірні масла, фітонциди, отруйні речовини тощо, за рахунок чого позбавляються від конкурентів).

**Аменсалізм** – це взаємодія, при якій один вид несприятливо впливає на інший, але цей інший ніяк не впливає на перший.

**Хижацтво (+ –)** виявляється в тому, що один організм (хижак) поїдає іншого (жертву). Якщо конкуренція проявляється у взаємному впливі конкуруючих видів, то *хижацтво* – це однобічний процес, який характеризує стосунки між хижаком і жертвою. Хижаки – тварини або зрідка рослини, які полюють і поїдають жертву. Особини хижаків переважно більші, ніж особини жертви, пригнічують останніх.

**Хижацтво** – це поїдання одного організму (жертви) іншим організмом (хижаком), причому жертва повинна бути живою перед першим нападом на неї хижака. Таким чином, хижацтво – це форма міжвидових зв'язків, в основі яких лежать трофічні зв'язки.

Існують два основних засоби класифікації хижаків – таксономічний і функціональний. *Таксономічна класифікація*: власне хижаки з'їдають тварин, рослиноїдні з'їдають рослини, а всеїдні – і тих, і інших. Відповідно, до *функціональної класифікації* виділяють 4 основних типи хижаків: *справжні хижаки, хижаки з пасовищним типом харчування, паразитоїди та паразити (останні поділяються на мікропаразитів і макропаразитів)*. Прикладом справжніх хижаків є тигри, орли, сонечка, гризуни, мурахи, кити (фільтрація планктону). Вони вбивають свою жертву та поїдають – цілком або тільки частину. Хижаки з пасовищним типом харчування з'їдають, як правило, тільки частину своєї жертви. Загибель жертви розтягнута в часі, і тому цих хижаків не відносять до справжніх. Це рогата худоба, вівці й інші травоїдні хребетні. Але до цього класу варто віднести також мух та п'явок.

Хижаки і паразити можуть існувати за рахунок одного або декількох видів, а тому серед них розрізняють: *поліфаги* (споживають велику кількість різноманітних видів); *олігофаги* (живуть за рахунок окремих, часто близьких видів); *монофаги* (живуть за рахунок одного виду; зустрічається серед комах).

Є також позитивний вплив хижацтва (тобто мутуалістична взаємодія). Наведемо лише кілька прикладів: споживання рослиноїдними хижаками репродуктивних органів (тканин) рослин є вигідним і для цієї тварини, і для рослини. Тварини, які харчуються пилком і нектаром, є запилюниками; поїдання плодів у багатьох випадках також позитивне, тому що приносить користь і батькам (рослинам), і насінню (плодам). А ось комахи, що поїдають плоди, не відіграють позитивної ролі, тому що не сприяють поширенню насіння. Також і загибель більш слабких

особин у популяції є явищем позитивним. У цьому процесі негативну роль відіграє людина, коли цілеспрямовано знищує більші за розміром особини.

Хижацтво впливає на окремі особини жертви, на популяцію жертви в цілому та на особини самого хижака.

Результатом діяльності справжніх хижаків є загибель жертви, рослиноїдних хижаків – зміна загального рівня обміну речовин, відносної швидкості росту коренів і пагонів, швидкості відтворення, можуть утворюватися особливі захисні речовини або тканини у жертв.

У цілому хижацтво в цьому випадку призводить до компенсуючого послаблення внутрішньовидової конкуренції.

Є межа кількості їжі, яку дана популяція консумента спроможна з'їсти, тобто існує межа шкідливого впливу на популяцію жертви та межа, до якої може збільшуватися чисельність популяції консумента (рис. 3.1).

Важливим є питання «*екології поведінки*» (добування їжі є одним із видів поведінки тварин) тобто необхідність зрозуміти, як природний відбір сприяє певним типам поведінки у певних умовах (яким чином у організмів виникають адаптації поведінки до умов проживання). Поведінка хижака (індивідуальна) впливає як на динаміку популяції самого хижака, так і його жертви. Це наслідки поведінки. Вона включає і такий прийом, як *переключення*. Переключення має на увазі перевагу їжі такого типу, якого найбільше. Воно визначається *перевагою*, тобто зміною типу їжі. Існує теорія оптимального добування їжі, що визначає, як та яким шляхом хижак повинен добувати їжу.

Відомі безперечні випадки хижацтва, коли хижак має значний вплив на жертву через ушкодження. Це, напевно, покладено в основу біологічних засобів боротьби зі шкідниками.

Наприклад, сонечко родолія (*Rodolia Cardinalis*) стало відоме завдяки тому, що фактично знищило австралійського жолобчастого червця, шкідника цитрусових, у Каліфорнії напри-





**Рис. 3.1** – Зміна чисельності популяцій залежно від її щільності

кінці 80-х років минулого століття. Але є також випадки, коли хижаки суттєво не впливають на динаміку чисельності своїх жертв, хоча поїдають до 95% їх насіння (утесник у Новій Зеландії не був знищений завезеним довгоносіком).

Внаслідок знищення жертв може збільшитись чисельність хижаків. Збільшення поживи для хижаків, у свою чергу, може зумовити зменшення їх чисельності і зростання кількості жертв. Отже, завдяки зв'язкам «хижак – жертва», між ними встановлюється динамічна рівновага. У процесі еволюції у хижаків виробляються пристосування до нападу, а у жертв – до захисту. Хижаки-тварини частіше нападають на ослаблених і хворих тварин. Між хижаками і жертвами існують взаємодії. Наприклад, якщо число жертв-риб росте, то чисельність хижаків збільшується – позитивний зворотний зв'язок, але хижаки-риби, харчуючись рибами-жертвами, знижують їх чисельність – негативний зворотний зв'язок; при зростанні числа хижаків меншає число жертв, і хижаки, відчуваючи дефіцит їжі, також зменшують чисельність своєї популяції.

У деяких випадках популяції хижака та жертви, імовірно, пов'язані між собою через сполучені коливання їх чисельності.

Однак існує чимало прикладів, коли чисельності популяції хижака та жертви коливаються цілком незалежно одна від одної.

*Динаміка* популяцій хижака та жертви вкрай складна, і задача еколога – зрозуміти закономірності змін у системі «хижак–жертва», пояснити різницю між типами динаміки. Звертаючись до середовища, Бігон М. постійно підкреслює, що його неоднорідність веде до підвищення стійкості та здійснює стабілізуючий вплив на чисельність.

**Людина як хижак.** Із взаємодій між популяціями особливо важливі ті, де ми самі виступаємо хижакками. Виділяють два головних типи таких взаємодій: 1) видалення популяції шкідника, тому що вона завдає шкоди тій популяції, що ми захищаємо; 2) «збирання врожаю» з популяції, при якому використовується одна її частина, а інша залишається для відтворення.

У зв'язку з цим є так звані *промислові популяції*, їх експлуатація повинна бути розумною з біологічної точки зору. Однак цей процес комерційний, тому треба враховувати економічні фактори. Наприклад, поточний прибуток може бути більш цінним, ніж майбутній, котрого ще треба дочекатися.

Важливо розробити стратегію промислу – фіксовану квоту (постійну швидкість вилову особин за даний період) і максимальну підтримку врожаю (МПВ) – необхідний баланс між надмірним і недостатнім використанням (швидкість вилову повинна бути погоджена з таким зниженням щільності популяції, при якому досягається максимум швидкості поповнення). Концепція МПВ займає центральне місце у теорії та практиці промислу. У неї є свої позитивні і негативні моменти, але це самостійне питання для тих, хто буде на цьому спеціалізуватися. Головне – грамотний промисел вимагає грамотних екологів.

Існує безліч популяцій, промисел яких науково або екологічно необґрунтований (наприклад, вилов тріски). У деяких випадках експлуатація популяцій ведеться без усякого управління і контролю. Довгострокові та короткочасні екологічні цілі нерідко можуть вступати у серйозні протиріччя.

Все це вимагає формування фундаментальних екологічних знань, щоб успішно вирішувати ці протиріччя.

**Паразитизм** (+ –) Паразитизм є особлива форма хижацтва. Це форма взаємовідносин організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів) різних видів (популяцій), представники яких мають менший розмір тіла (паразит) і протягом певного часу живе за рахунок іншого («хазяїна»). Часто паразити використовують господарів не лише як поживу, а і як місце для свого існування. Якщо вони поселяться всередині тіла господаря, їх називають *ендопаразитами*, а якщо на поверхні тіла господаря – *ектопаразитами*. Паразити перебувають в організмі хазяїна тимчасово або стаціонарно. *Факультативний паразит* здатний жити та розмножуватися самостійно без живлення тканинами чи соками хазяїна, *облігатний паразит* – не здатний жити та розмножуватись без живлення тканинами чи соками хазяїна. Лишайники є прикладом еволюції від паразитизму (у деяких примітивних лишайниках гриб паразитує на водоростях) до мутуалізму.

Як правило, паразити нападають усього на одну або на незначну кількість особин протягом свого життя. Це стрічкові хробаки, печінкова двуствка, вірус кору, туберкульозна паличка, а також значне число рослин і мікроорганізмів, що паразитують на рослинах (омела біла, тля, гусениці). Залежно від тривалості контакту паразитів з хазяїном розрізняють паразитизм тимчасовий, коли паразит не весь час перебуває в організмі хазяїна,

**Паразити** (від греч. дармоїд, нахлібник) – організми, які живуть на поверхні тіла (ектопаразити) або в органах і тканинах (ендопаразити) інших живих істот (господарів), живляться за їх рахунок і завдають їм певної шкоди. Паразити є серед багатьох груп тварин і рослин.

наприклад тільки під час живлення (кровососи-двокрилі, деякі клопи), і паразитизм стаціонарний, коли паразит перебуває в організмі господаря протягом основного періоду свого життя.

Паразити – зразок дуже високого ступеня пристосованості до життя. Навіть за відсутності хазяїна вони можуть зберігатися до 20 років (чаклун-трава). Інша особливість – продукування великої кількості насіння, яєць і т. ін., що забезпечують їх широке поширення та існування.

Яйця відкладаються в тіло жертви або на його поверхні, іноді поруч із ним. Спочатку хазяїну наноситься незначна шкода, але потім він майже повністю з'їдається, тобто господар гине, а з лялечки з'являється вже паразитоїд. Підкреслимо, що цей клас хижаків також не викликає швидкої загибелі. До них

***Паразитоїди* – це група комах, виділених на основі схожості поведінки дорослих самок при відкладанні яєць і типу подальшого розвитку личинки.**

належить 25% видів, що живуть на землі (величезна кількість видів комах має щонайменше одного паразитоїда, у тому числі і самі паразитоїди повинні мати свого паразитоїда).

***Паразитизм і хвороби.*** Паразит, як було показано, – це організм, що одержує необхідні поживні речовини від одного або дуже невеликої кількості хазяїв, завдаючи їм зазвичай шкоду, але не викликаючи негайної загибелі. Визначень паразитизму багато. Ключовим моментом, як правило, є залежність паразита від господаря і тісний зв'язок паразит-хазяїн. Про шкоду господарю згадується не завжди. Але якщо хазяїн дійсно не отримує користі та не відчуває шкоди, то такі відносини варто вважати коменсалізмом.

*Паразити та патогени (хвороботворні агенти)* є вкрай важливою групою організмів. Шкоду з точки зору людських страждань та економічних збитків, не завжди можна підрахувати, оскільки, наприклад, скупчення людей і тварин – сприятлива ситуація для паразитів і патогенів.

Вільноіснуючі організми, не уражені хоча б деякими особинами паразитичних видів, – велика рідкість. Половина видів і набагато більше половини загальної кількості всіх особин на Землі – паразити або збудники хвороб, причому більшість бактерій і вірусів ще не описані.

Паразити відрізняються надзвичайною різноманітністю – існують *фіто-* і *зоопаразити*, які, в свою чергу, мають *мікро-* і *макропаразитів*.

*Мікропаразити* розмножуються усередині тіла господаря (навіть усередині його клітин).

*Макропаразити* ростуть у тілі господаря, але при розмноженні утворюють особливі інвазійні стадії, що залишають його, щоб заселити нових господарів.

До мікропаразитів належать глисти, збудники кору, тифу, а у рослин – віруси жовтої сітчастості буряків, томатів та ін.

Передача мікро- і макропаразитів здійснюється безпосередньо, за допомогою переносника (муха цеце, малярійні комарі) або методом «очікування» належного хазяїна (паразит тривалий час перебуває у стадії спокою). У макропаразитів може існувати *проміжний* хазяїн. Серед макропаразитів, що передаються безпосередньо, особливе місце займають деякі квіткові рослини. Це так звані *голопаразити* та *напівпаразити*. Голопаразити не мають хлорофілу та повністю залежать від рослини-господаря, тому що одержують від нього воду, мінеральні та органічні речовини. Напівпаразити здатні до фотосинтезу, але, при цьому, пов'язані з корінням або стеблами інших видів та одержують від них більшу частину води (або всю) і мінеральне живлення. Коренева система у напівпаразитів розвинена слабо або зовсім відсутня. Присутність на гілках напівпаразитів сповільнює ріст господаря (прикладом напівпаразита є омела). Під впливом паразитів спостерігається зниження щільності популяції хазяїна.

Вивченням розвитку захворювань у популяції господаря даного збудника займається *епідеміологія*. Для запобігання розповсюдження паразитів у сільському та лісовому господарстві як профілактику застосовують вирощування змішаних куль-

***Ектопаразити* – харчуються тілом господаря, перебуваючи на його поверхні (блохи, воші, кліщі, сосальщики та навіть деякі гриби, що викликають справжню та несправжню борошністу росу).**

тур різних видів або різних генотипів одного виду. У медичній практиці – вакцинацію.

Ектопаразити, як і їх господарі, деякою мірою зазнають впливу зовнішнього середовища – вони слабо захищені від холоду, висихання. Паразити певних проміжних груп живуть у порожнинах тіла господаря, наприклад, глисти. І, нарешті, багато паразитів проникають безпосередньо у клітини. *Мікропаразити* часто бувають повністю внутрішньо-клітинними. Таким чином, кожен організм являє собою неоднорідне середовище для паразитів, утворює сукупність потенційних місцепроживань. За реакцією господарів на паразитів останніх поділяють на дві категорії: *некротрофні* та *біотрофні паразити*.

Для біотрофів загибель господаря є кінцем активної фази життєвого циклу, оскільки мертвий організм не може скористатися ними як середовищем проживання. Це воші, блохи, паразитичні хробаки, іржа.

***Некротрофи* – вбиваючи господаря, здатні населяти його мертві тканини.**

***Біотрофи* – вбиваючи хазяїна, нездатні населяти його мертві тканини.**

Паразити знижують щільність популяції хазяїв, причому найбільше за умов низької та помірної патогенності. Тому використовувати паразитів для боротьби зі шкідниками треба вкрай обережно.

**Симбіоз (+ +)** – більш або менш тривалі взаємовигідні біотичні зв'язки між різнорідними організмами. Чим більш різноманітні і міцніші зв'язки, що підтримують спільне існування видів, тим стійкіше їх співжиття. Симбіонтами можуть бути рослини, рослини і тварини або лише тварини. Симбіоз може виражатися у вигляді коменсалізму, паразитизму, мутуалізму. Найпростішою формою симбіотичних зв'язків є *протокооперація* («первинна взаємодія»), при яких спільне існування є взаємовигідним, або не обов'язковим для організмів (наприклад, зв'язки деяких квіткових рослин із мурахами, які

розповсюджують їх сім'я з масляними придатками; бджоли, які опилують квіти; актинії поселяються на спинній сторони крабів та захищають їх своїми щупальцями). Часом досить важко розрізнати коменсалізм і протокооперацію. Проте, в деяких випадках присутність кожного з партнерів стає обов'язковим і такі зв'язки називаються *мутуалізмом* або *облігатним симбіозом*. Класичним прикладом мутуалізму є лишайники, які поєднують в собі симбіотичний зв'язок грибів та водоростей тощо).

***Симбіоз* (від грец. симбіозис) – сумісне, взаємовигідне, нерідко обов'язкове співіснування двох або більше видів.**

Явище мутуалізму дуже поширене. Саме від нього залежить утворення значної долі біомаси планети.

Мутуалізм вимагає складних зв'язків, пов'язаних із поведінкою. Прикладами мутуалізму, що включає поведінкові взаємозв'язки, є африканський птах медоуказник, що певним чином пов'язаний зі ссавцем – капським медоїдом. Птах розшукує бджолині гнізда, а медоїд розкриває їх. Крилі риють нірки, а бички використовують їх як схованки. У той же час криль, що володіє слабким зором, залишає нірку, за допомогою антен підтримує контакт із бичком у нірці, одержуючи інформацію про будь-які зміни в обставинах. Риби-чистильники, яких існує 45 видів, поїдають ектопаразитів, бактерій і відмерлі тканини з поверхні тіла клієнта. Ще одна мутуалістична взаємодія – мураха та акація у Центральній Америці. У порожнистих шипах цієї рослини мурахи будують гнізда, використовуючи в їжу утворені на кінцях листів «тільця Белта», і відповідно захищають акацію від конкурентів, активно обстригаючи чужі пагони, що проникають у крону дерева, охороняють рослину від фітофагів.

Жуки-короти вирощують гриби у глибоких ходах, що прокладаються ними у мертвій або відмираючій деревині. На їх головах існують спеціальні щітки з волосків для збору спор грибів, призначених для наступного посіву. Мурахи розводять гриби. Готова до розмноження самка, залишаючи стару колонію,

щоб заснувати нову, заповнює «посівним матеріалом» гриба особливу кишеню у своєму горлі.

Широко розвинений мутуалізм при запиленні. «Винагорода за працю» – отримання нектару або пилку. Існує мутуалізм за участю організмів, що населяють травний тракт рослиноїдних тварин. Бактерії тут відіграють величезну роль у перетравленні їжі (розщепленні клітковини). Без найпростіших у кишечнику термітів перетравити деревину останнім було б неможливо. У жуйних тварин у рубці забезпечується перетравлення їжі за рахунок летючих жирних кислот, у першу чергу, оцтової.

Фіксація азоту – найважливіший екологічний процес, оскільки цей біогенний елемент у доступній формі часто є лімітуючим фактором. А у більшості рослин і тварин відсутня здатність засвоювати атмосферний або молекулярний азот. Це одна із загадок еволюції. Азот можуть зв'язувати (фіксувати) тільки невелика група прокаріот: деякі бактерії, актиноміцети й синьо-зелені водорості. Найбільш вивченим є симбіоз бульбочкових бактерій з бобовими, що є прикладом мутуалістичної фіксації азоту.

*Мутуалісти* істотно відрізняються від *паразитів* і *вільно проживаючих сородичів*: 1) життєвий цикл спеціалізованих мутуалістів надзвичайно простий; 2) статеве розмноження у ендосимбіотичних мутуалістів пригнічено; 3) відсутня виражена стадія розселення, а якщо вона є, то розселення здійснюється парою (як було відзначено раніше, молода самка мурашок, покидаючи стару колонію бере із собою інокулят грибів); 4) при мутуалізмі не буває епідемій, що властиві паразитизму; 5) число ендосимбіонтів, що припадає на одного господаря постійне; 6) сувора спеціалізація за «господарями» не є правилом, тобто пари пов'язані з декількома, іноді багатьма іншими видами.

Підкріплюється ця точка зору, відповідно якої групи із двох або більшої кількості видів виявляють тенденцію до об'єднання у взаємовигідні асоціації, є те, що даний процес призводить до утворення свого роду надорганізмів.

Біотичні фактори поєднують усю сукупність впливів живих організмів один на одного, а представники кожного виду можуть жити лише в такому біотичному середовищі. Основною формою зв'язків є трофічні (харчові) взаємовідносини, на базі яких



формуються різноманітні ланки і ланцюги харчування. Крім трофічних зв'язків між організмами виникають просторові зв'язки. Взаємозв'язки і взаємовпливи можуть бути *прямими і опосередкованими*.

**Редуценти та детритофаги.** Редуценти (бактерії та гриби) і детритофаги (тварини, що споживають мертвий матеріал) не контролюють швидкість, з якої їх ресурси стають доступними або відновлюються. Вони повністю залежать від швидкості, з якою інший фактор (старіння, хвороба, міжвидова боротьба, затінення листя деревами) вивільняє ресурс, що забезпечує їх життєдіяльність. У цьому основна відмінність редуцентів і детритофагів від хижаків і паразитів, які безпосередньо впливають на швидкість продукування своїх харчових ресурсів і порушують здатність ресурсу відтворювати самого себе.

Редуценти і детритофаги беруть участь у процесах перетворення речовини та енергії. Будь-яка молекула поживної речовини може послідовно фіксуватися та мінералізуватися у циклах переміщення речовини. Суттєвими для розуміння цих процесів є наступні основні поняття.

**Фіксація** – включення неорганічних біогенних елементів до складу органічної речовини. Фіксація у першу чергу відбувається у процесі росту зелених рослин.

**Розкладення** – поступове руйнування мертвого органічного матеріалу, що здійснюється за допомогою фізичних факторів і біологічних агентів. Розкладення це вивільнення енергії та мінералізація хімічних речовин.

Ресурсами для детритофагів і редуцентів є не тільки тіла загиблих тварин і рослин. Наприклад, унітарні організми скидають відмерлі частини тіла: членистоногі – личинкові покриви, змії – стару шкіру, інші хребетні – шкіру, волосся, пір'я, роги і т. ін.

**Мінералізація хімічних речовин – перетворення речовин із органічної у неорганічну форму.**

Вони є їжею (ресурсом) для організмів, що спеціалізуються на їх споживанні. У модулярних організмів це виражено ще яскравіше – сезонне утворення підстилки в лісі є найбільш ефективним з усіх процесів утворення ресурсів харчування для редуцентів і детритофагів, але продуценти при цьому не гинуть. Крім того, у вищих рослин постійно відділяються клітини з корневих чохлаків, а клітини кори кореня відмирають у процесі проростання кореня крізь ґрунт. Це джерело органічної речовини формує надзвичайно багату на харчові ресурси *ризосферу*.

***Ризосфера* – це ґрунт, що оточує коріння рослин і відрізняється значною біологічною активністю через фізико-хімічний і біологічний вплив на нього рослин.**  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Оскільки тканини рослин нещільні, то розчинні цукрові речовини та азотисті сполуки є доступними на поверхні листя, забезпечуючи утворення *філосфери*.

***Філосфера* – повітряний або водний простір, що зазнає значного впливу від рослин, які перебувають у ньому (їх листя, плодів, стеблин і т. ін.), які підтримують ріст бактерій і грибів.**  
(Реймерс М. Ф., 1990)

Ще один ресурс для редуцентів і детритофагів – *екскременти*. Вони складаються з мертвого органічного матеріалу та за своїм хімічним складом схожі на їжу, що споживають тварини, які виділили екскременти.

Спори бактерій і грибів першими отримують доступ до мертвих організмів. Вони розкладають цукор, але, крім цукру, є інші речовини, які більш стійкі до впливу організмів, тому процес розщеплення є повільнішим і до нього залучаються мікроорганізми, що спеціалізуються на целюлозі та лігнінах і

руйнують більш складні білки, суберіни (пробку) і кутикулу. Гриби, що розкладають деревину, поділяють на дві основні категорії *спеціалізованих редуцентів*: бура гниль, що руйнує целюлозу та лишає лігнін, і біла гниль, що руйнує і целюлозу, і лігнін. Таким чином, організми, здатні впливати на більш стійкі сполуки, утворюють природну послідовність від простих грибів до більш досконалих, тобто повне розкладення мертвої речовини здійснюється комплексом редуцентів.

До детритофагів належать також дощові черв'яки. Ці організми в основному відповідальні за первісне роздрібнення рослинних залишків. Завдяки своїй активності вони можуть викликати помітний перерозподіл детриту і тим самим безпосередньо брати участь у формуванні структури ґрунту. Дарвін Ч. (1888) показав, що дощові черви на деяких пасовищах за 30 років здатні сформувати новий шар ґрунту потужністю 18 см, виносячи за рік на поверхню близько 50 т екскрементів на 1 га. У Нігерії були зареєстровані ще більш високі показники – 170 т/га протягом 2-6 місяців сезону дощів. Там, де дощові черв'яки багаточисельні, вони закопують опад, перемішуючи його із ґрунтом, і роблять його доступним для інших редуцентів і детритофагів.

Детритофаги багаточисельні. Так на 1 м<sup>2</sup> ґрунту в лісах помірної зони можна виявити 1000 видів тварин, при цьому чисельність особин окремих видів може досягати тисяч і навіть мільйонів. У напрямку до більш посушливих тропіків ряд тварин заміщується термітами.

Розкладення мертвої органічної речовини є не просто сумою процесів життєдіяльності мікроорганізмів і детритофагів. Воно значною мірою визначається взаємодією між ними.

**Головним результатом роботи мікроорганізмів** є накопичення двоокису вуглецю та мінералізація (фосфор, азот) іншої речовини, а також накопичення побічних продуктів, у тому числі целюлози грибами і полісахаридів бактеріями, які самі можуть розкладатися та брати участь у підтримуванні будови ґрунту.

За складом та активністю угруповання редуцентів настільки ж або навіть більше різноманітні, ніж будь-які інші організми. Вони мають специфічні особливості та потреби в ресурсах і умовах середовища і самі змінюють ресурси і умови для інших

організмів. Редуценти та детритофаги не здатні повністю використовувати свої ресурси. Саме завдяки тому, що редуценти не в змозі швидко та ефективно руйнувати деревину, виявляється можливим існування лісів. Та ж неефективність розкладення призводить до утворення торфу, вугілля і нафти.

### Допоміжний словник

**Антагонізм** – форма взаємодії між двома організмами, в результаті якої гальмується розвиток одного з них.

**Синойкія** (квартиранство) – тип взаємодії між двома організмами, коли один з них одержує користь, не завдаючи шкоди іншому. При цьому безпосередніх трофічних взаємодій між організмами, як правило, не виникає.

**Епойкія** – проживання дрібних організмів на тілі більших. Наприклад, вусоногий рак живе на тілі китів, а також на панцирах крабів. Деякі дослідники вважають епойкію різновидом синойкії.

**Ентойкія** – життя дрібних організмів у середовищі невеликих. Наприклад, риба фієрасфер живе у водяних легенях голотурій (різновид синойкії).

**Гомеостаз** (від грец. *Гомео* – «незмінний» і *Стасі* – «положення») – здатність екосистем зберігати динамічну рівновагу. Забезпечує відносну динамічну стійкість внутрішнього середовища організму і стабільність його основних фізіологічних функцій.

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 3

### • *Питання для обговорення*

1. У чому полягає принципова відмінність вивчення життєвих циклів організмів. Наведіть приклади.
2. Чому кити вважають справжніми хижаками?
3. Поясніть наступний тип взаємодії між популяціями – штучне видалення популяції шкідника, тому що вона завдає шкоди тій популяції, що захищає людина.
4. Які основні умови існування конкуренції?
5. Чому і для кого утворення лісової підстилки в лісі є найбільш ефективним з усіх процесів утворення ресурсів харчування?

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Перелічити основні типи взаємодій організмів.
2. У чому суть класичної ботанічної концепції?
3. Сутність міжвидової конкуренції.
4. Що таке розкладання органічної речовини?
5. Чому одній і тій же стадії онтогенезу може відповідати широкий діапазон розмірів?

### • *Обґрунтуємо проблемність питань*

1. В чому полягає проблема пошуку шляхів кількісного визначення окремих характеристик життєвого циклу, тобто перехід від якісної оцінки до кількісної?
2. Чому результатом діяльності рослиноїдних хижаків є зміна загального рівня обміну речовин?
3. Що може обумовити межу шкідливого впливу на популяцію жертви?
4. Чому, на Вашу думку, при мутуалізмі не буває епідемій?
5. У чому особливість ситуації, коли місце мешкання організму у часі може бути непередбаченим?

### • *Дискутуємо з проблемних питань*

1. Чому розселення – головна подія, яка визначає розмір популяції?

2. У якому випадку при взаємодії організмів сама територія одержує статус ресурсу?
3. Які прояви у діяльності людини підтверджують, що вона «хижак»?
4. Чому спроби пояснення схожості і відмінностей життєвих циклів – один із найважливіших аспектів традиційної екології?
5. Чим можна пояснити регулярну циклічність у зміні чисельності тварин?

### • *Training*

1. Перелічити фактори, що впливають на причини рідкості.
2. З'ясуйте основні засоби класифікації хижаків. Назвіть та наведіть приклади чотирьох основних типів хижаків.
3. Наведіть приклади, розглядаючи наступну тезу: «Збирання врожаю з популяції, при якому використовується одна її частина, а інша залишається для відтворення».
4. До якого типу харчування відносяться травоядні хребетні? У чому особливості їх харчування?
5. Які етапи включає життєвий цикл організму?

### • *Прокоментуйте вислови, цитати*

1. Що мав на увазі Бігон М., коли писав у вступі до другого тому фундаментальної праці «Екологію правильніше розуміти як сукупність тем, що розгалужуються у всіх напрямках».
2. Прокоментуйте цитату з підручника: «Територіальність варто розглядати як гнучкий і тонкий механізм поведінки, що виникає у зв'язку з максимізацією чистого виграшу, що заводить на долю кожного окремого конкурента».
3. Що мається на увазі під висловом «життєвий цикл – це своєрідне русло, наповнене потоком речовин життя, енергією та інформацією».
4. Бігон М. стверджує, що екологів чекає те саме, що й хіміків XVIII ст., коли «кожен факт повинен був відкриватися та запам'ятовуватися незалежно від інших». Прокоментуйте цю цитату.
5. З'ясуйте цитату з підручника: «У рослин підвищена щільність популяції зменшує внесок кожної особини в наступне покоління».

**• *Визначіться в ситуації***

1. Виходячи із тези «Організм взаємодіючи, безпосередньо впливають на життєдіяльність один одного». Яка складається ситуація, якщо у зовсім молодому лісі з'явиться велика кількість консументів першого порядку (наприклад, лосі)?
2. Наведіть приклади ситуацій, коли з'являється конкуренція за ресурс світла?
3. Що відбувається, коли редуценти і детритофаги не повністю використовують свої ресурси?
4. Що буде, якщо станеться ситуація нестачі такого важливого ресурсу як сховища?
5. Наведіть приклади ситуацій, коли взаємодія організмів є корисною або шкідливою.

**• *Творчі питання***

1. Які і чому фізико-хімічні фактори впливають на чисельність (рясність) популяції?
2. Чому недостатня спадкоємна мінливість представників виду звужує діапазон придатних місць мешкання?
3. На основі яких принципів взаємодії організмів створено біологічні засоби боротьби зі шкідниками? Наведіть приклади.
4. Чому поширеність виду необхідно відокремлювати від інтенсивності його присутності?
5. Чому фіксація азоту є найважливішим екологічним процесом.

**• *Визначення провідних понять***

1. Надайте дефініцію поняття «репродуктивна цінність».
2. Дайте визначення поняття «мутуалізм». Наведіть приклади зв'язків.
3. Що являють собою хижаки з пасовищним типом харчування?
4. Що таке коменсалізм?
5. У чому різниця функціонування між некротрофами і біотрофами?

• ***Віхи історії***

1. Коли і навіщо Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) створив Червону книгу?
2. Хто, коли і в якому аспекті запропонував термін «онтогенез»?
3. Відносно чого і які висновки у 1888 р. зробив Дарвін Ч., досліджуючи дощових черв'яків?



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**  
**Екологічний факультет**  
**Кафедра екології та неоекології**

**Загальна екологія та неоекологія**

**Тестовий контроль з модуля 3**  
**«Взаємовідносини організмів між собою»**  
**(119 балів)**

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_  
№ залікової книжки \_\_\_\_\_  
Дата контролю \_\_\_\_\_ тривалість контролю \_\_\_\_\_

**Частина 1 (35 балів)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Що визначає життєвий цикл? \_\_\_\_\_ (5 б.)
2. У чому різниця внутрішньовидової та міжгалузевої конкуренції? \_\_\_\_\_ (10 б.)
3. Назвіть два головних типи взаємодій між популяціями (людська і будь-яка інша) \_\_\_\_\_ (8 б.)
4. Що таке стратегія промислу? \_\_\_\_\_ (7 б.)
5. Які відносини між організмами називають «коменсалізмом»? \_\_\_\_\_ (5 б.)

**Частина 2 (16 балів)**

***Алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вирази, цифри тощо.*

1. Популяційні цикли – регулярна \_\_\_\_\_ (1 сл.) у зміні \_\_\_\_\_ (1 сл.) тварин. (2 б.)
2. Бігон М. вважає, що неоднорідність середовища веде до підвищення \_\_\_\_\_ (1 сл.) та здійснює \_\_\_\_\_ (1 сл.) вплив на \_\_\_\_\_ (1 сл.) (3 б.)

3. Паразитоїди – це група \_\_\_\_\_ (1 сл.), виділених на основі \_\_\_\_\_ (2 сл.) дорослих самок при \_\_\_\_\_ (2 сл.) і типу подальшого розвитку \_\_\_\_\_ (1 сл.) (5 б.)
4. Конкуренція МПВ має займати центральне місце \_\_\_\_\_ (1 сл.) та \_\_\_\_\_ (2 сл.) (3 б.)
5. Ризосфера – це \_\_\_\_\_ (1 сл.), що оточує \_\_\_\_\_ (2 сл.) (3 б.)

### **Частина 3 (7 балів)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірно наведене твердження.*

- |  |     |    |
|--|-----|----|
| 1. Підвищення чисельності виду тварин спричиняє його перетворення на шкідника                      | ТАК | НІ |
| 2. Ріст і розвиток організмів відбувається одночасно   | ТАК | НІ |
| 3. Корисні взаємодії організмів мають і негативні аспекти  | ТАК | НІ |
| 4. Кисень як ресурс створює значну конкуренцію   | ТАК | НІ |
| 5. Аменсалізм – взаємодія, при якій один вид сприятливо впливає на інший                           | ТАК | НІ |
| 6. Паразити, зразок дуже високого ступеню пристосованості до життя                                 | ТАК | НІ |
| 7. За складом та активністю угруповання редуцентів більш різноманітні, ніж будь-які інші організми | ТАК | НІ |

### **Частина 4 (12 балів)**

#### ***Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови використання завдання:** *знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б*

- | Група А                          | Група Б                                      |
|----------------------------------|--|
| А. Великий розмір особин.        | 1. Моно циклічність.                         |
| Б. Хижацтво.                     | 2. Експлуатаційне.                           |
| В. Екологія поведінки хижака.    | 3. Характеристика життєвого циклу організму. |
| Г. Конкуренція.                  | 4. Взаємний несприятливий вплив.             |
| Д. Максимальна підтримка врожаю. | 5. Добування їжі.                            |
|                                  | 6. Інтерференційне.                          |

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| Е. Голопаразити.              | 7. Підвищення конкурентоздатності організму.         |
| Ж. Розмноження.               | 8. Не мають хлорофілу.                               |
| З. Симетрична взаємодія.      | 9. Баланс між надмірним і недостатнім використанням. |
| І. Напівпаразит.              | 10. Поліциклічність.                                 |
| <b>Відповіді:</b>             | 11. Динаміка популяції хижака.                       |
| А –        Б –        В – ... | 12. Здатні до фотосинтезу.                           |

## Частина 5 (18 балів)

### *Репродуктивний рівень пізнання*

**Умови виконання завдання:** *Знайдіть вірну відповідь.*

1. Характерні риси життєдіяльності мутуалістів:
  - а) відсутність вираженої стадії розселення;
  - б) суворі спеціалізація;                      в) не буває епідемій;
  - г) статеве розмноження пригнічено;
  - д) надзвичайно складний життєвий цикл спеціалізованих мутуалістів.
2. Редуценти і детритофаги беруть участь у таких процесах:
  - а) перетворення речовини;
  - б) розкладання органічної речовини;
  - в) фіксація неорганічних біогенних елементів;
  - г) перетворення енергії;
  - д) мінералізація хімічних речовин.
3. Філософера – це:
  - а) повітряний простір;
  - б) зазнає впливу від рослин, які перебувають у просторі;
  - в) водний простір.
4. Головним результатом роботи мікроорганізмів є:
  - а) мінералізація фосфору;
  - б) накопичення двоокису вуглецю;
  - в) мінералізація азоту;
  - г) накопичення полісахаридів бактеріями;
  - д) накопичення целюлози грибами.
5. Гомеостаз передбачає наступне:
  - а) індивідуальний розвиток організму;
  - б) здатність екосистем зберігати рівновагу;
  - в) відносну динамічну стійкість внутрішнього середовища;

г) біологічний вплив на рослини.

### **Частина 6 (31 бал)**

#### ***Творчий рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити...; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

1. Чому загибель більш слабких особин у популяції є явищем позитивним? \_\_\_\_\_ (6 б.)
2. З'ясуйте точку зору: чи може існувати межа, до якої може збільшуватися чисельність популяції консумента? \_\_\_\_\_ (5 б.)
3. ... якщо на гілках дерев оселиться напівпаразит? \_\_\_\_\_ (5 б.)
4. Чому скупчення людей і тварин є сприятливою ситуацією для патогенних організмів? \_\_\_\_\_ (8 б.)
5. Для чого необхідно у лісовому та сільському господарстві вирощувати змішані культури різних видів або різних генотипів одного виду? \_\_\_\_\_ (7 б.)

## **Частина 2. НЕОЕКОЛОГІЯ**

### **Модуль 4. ТЕОРЕТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ОСНОВИ НЕОЕКОЛОГІЇ**

Програмні матеріали до модуля 4

#### **Вступ**

Не дивлячись на те, що неоекологія розвивається значно менший проміжок часу, ніж традиційна екологія (за самим скромними підрахунками не більше 50-ти років), матеріалів, що доцільно було б внести на розгляд значно більше. Пояснюється це тим, що в коло питань, що досліджується неоекологією в тому чи іншому ракурсі, потрапляє дуже великий перелік питань життєдіяльності людини, і розглянути його в одному підручнику і в одній

навчальній дисципліні неможливо. Все це зумовлює необхідність (потребу) максимально скоротити охоплення нео-екологічних проблем, зосередити увагу, по аналогії з традиційною екологією, на двох складових (частинах, модулях) структури знань з неоекології.

У першій частині, увага концентрується на, умовно кажучи, теоретичній частині – концептуальних основах неоекології, понятійно-термінологічному апараті та законах, закономірностях, правилах і т. ін. Виокремлюються при цьому суттєві зміни у явищах і процесах, які раніше не мали такого визначного значення для навколишнього середовища, що належить їм на сьогоднішній день (модуль 4).

У другій частині (модуль 5, 6), яка умовно має більш практичне спрямування, викладені вкрай необхідні питання екологічного управління (екологічного менеджменту, але в розумінні авторів, яке здатне забезпечити збалансоване природокористування) – єдина умова подальшого екологічно безпечного функціонування людського суспільства.

Такий виклад матеріалу, з одного боку, певним чином урівнює викладання питань традиційної екології і неоекології, з іншого – не дублює, чи не підміняє викладення багатьох інших неоекологічних дисциплін. Не змінюючи, вірніше, не уточнюючи визначення поняття неоекологія, автори його визначають так:

**Неоекологія** – це комплекс (сімейство) наук, що вивчають розвиток, функціонування і прогнозування розвитку антропосфери, розробляють можливості управління взаємовідносинами і зв'язками в системі «природа-суспільства» з метою їх гармонізації і забезпечення екологічно безпечного існування.

## **НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО МОДУЛЯ 4**

### **Основні**

1. Екологічний імператив.
2. Антропосфера.
3. Соціосфера.
4. Жива речовина.
5. Центральний метод неоекології.
6. Дескриптивна, інтерпретивна, конструктивна стадії розвитку.
7. Система неоекологічних наук.
8. Неоекологія.
9. Оптимальний вміст хімічних елементів в навколишньому середовищі.
10. Забруднення.
11. Забруднення інгредієнтне, параметричне, біоценотичне, стаціонально-деструкційне.
12. Забруднення природне і антропогенне.
13. Екологічна пастка.
14. Джерело забруднення.
15. Відходи.
16. Складовані відходи.
17. Стоки організовані, стихійні.

18. Викиди.
19. Міграція хімічних елементів: механічна, фізико-хімічна, біогенна, техногенна.
20. Геохімічний бар'єр.
21. Міграційний потік.
22. Якість навколишнього середовища.
23. Геохімічний фон.
24. Техногенний фон.
25. Геохімічна аномалія
26. Геохімічний потік розсіювання.
27. Геохімічний ареал розсіювання.
28. Геохімічні ареали і потоки: аерогенні, гідрогенні, біогенні, вейстогенні, аерогенні.
29. Зона забруднення.
30. Гранично-допустимий викид/скид.
31. Санітарно-захисна зона.
32. Пороговість впливу хімічних сполук.
33. Гранично-допустима концентрація.
34. Ксенобіотики.
35. Функціональні відхилення.
36. Аномалії припустимі, помірно небезпечні, небезпечні, надзвичайно небезпечні.
37. Кларкові концентрації.
38. Прямий і віддалений екологічний вплив.
39. Екологічний ресурс.
40. Компоненти навколишнього середовища.
41. Коефіцієнт розподілу.
42. Коефіцієнт розсіювання.
43. Фоновий вміст.
44. Класифікація.
45. Промисловий викид: організований та неорганізований.
46. Комплексний індекс забруднення атмосфери.
47. Якість вод: відмінна, добра.

48. Екологічне благополуччя водних об'єктів.
49. Критерії якості, екологічні.
50. Сапробність вод.
51. Біологічне тестування вод.
52. Біологічна індикація сапробності вод.
53. Важкі метали.
54. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС).
55. Кислотний дощ.
56. Емісія.
57. Депозиція.
58. Дірка озонова.
59. Мікрогази.
60. Смог.
61. Закономірності.
62. Закон.
63. Гіпотеза.
64. Приблизні узагальнення.
65. Аналогія.
66. Принципи.
67. Ентропія.
68. Аерозольне забруднення.
69. Пилове забруднення.
70. Пил.
71. Сільськогосподарське забруднення.
72. Агроекосистеми.
73. Пестициди.
74. Біологічна різноманітність.
75. Відходи.
76. Державний облік відходів.
77. Ідентифікація відходів.
78. Паспортизація відходів.
79. Біогаз.
80. Екоцид.
81. Шумове забруднення.



82. Шум.
83. Тиша суб'єктивна.
84. Забруднення фізичне.
85. Забруднення електромагнітне.
86. Забруднення радіоактивне.
87. Забруднення радіаційне.
88. Забруднення світлове.
89. Забруднення теплове.
90. Природні магнітні поля.
91. Штучні або техногенні магнітні поля.
92. Природні радіонукліди.
93. Іонізуюче випромінювання.

### **Додаткові**

1. Ойкумена.
2. Синтетичні, аналітичні, методичні дисципліни.
3. Фізико-хімічна міграція: іонна, колоїдна, молекулярна, суспензійна міграція газу.
4. Геохімічні бар'єри, термодинамічні та фізико-хімічні.
5. Хіміко-трансформаційна міграція.
6. Здатність системи до самоочищення.
7. Потенціал самоочищення геосистеми.
8. Середовища депонуючі та транспортуючі.
9. Модулі техногенного тиску.
10. Допустимі і критичні рівні забруднення.
11. Очищення газу.
12. Промислові викиди: первинні, вторинні.
13. Екологічна оцінка якості вод.
14. Екологічні нормативи якості вод.
15. Класи і категорії якості вод.
16. Критерій якості вод.
17. Самозабруднення вод.
18. Самоочищення вод.

19. Стан поверхневих вод.
20. Трофність водних об'єктів.
21. Завдання, учасники ОВНС.
22. Контрольні списки впливу.
23. Об'єкти й показники категорій впливів.
24. Матриця «Вплив-наслідок».
25. Методи ОВНС: експертної оцінки, метричний аналіз, сполучений аналіз карт, імітаційне моделювання, натурні й лабораторні експерименти.
26. Способи інтерпретації для ОВНС: дисплей, ранжування альтернативних варіантів; нормалізація і математичне зважування.
27. Кислотна седиментація.
28. Алотропія.
29. Хлорфторвуглеці (ХФВ).
30. Гази стійкі, нестійкі та які сильно змінюються.
31. Зрошення.
32. Монокультурність.
33. Резистентність.
34. Звукова культура.
35. Тиск звуковий.
36. Зонування шумове.
37. Інформація звукова.
38. Інфразвук.
39. Комфорт звуковий або акустичний.
40. Сп'яніння звукове.
41. Поріг чуткості.
42. Стрес шумовий.
43. Ультразвук.
44. Фон (одиниця гучності звуку).
45. Фон звуковий природний.
46. Шкала сили звуку.
47. Форми енергії – хімічна, теплова, електрична, механічна.

48. Видиме світло.
49. Біоелектромагнетизм.
50. Геомагнітна активність.
51. Магнітомеханічні ефекти.
52. Електромагнітні ефекти.

## ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 4

Основна мета модуля 4 – на базі традиційної (геккелівської) екології *сформувати знання з сучасної екології (неоекології) – галузі знань, присвяченої вивченню екологічних проблем, не властивих класичній екології, побудованих на міждисциплінарних, а не тільки біологічних знаннях, які охоплюють всі сфери життєдіяльності до найдосконаліших життєвих форм, в нерозривному їх зв'язку не тільки з абіотичним середовищем, але і з соціальним та іншими.* Точніше їх слід називати неоекологічними. Це проблеми всього людства, оскільки неприйняття **екологічного імперативу** загрожує екологічною катастрофою, здатною повністю знищити людську популяцію в тому вигляді, в якому вона існує зараз.

**Екологічний імператив** (у загальноприйнятому трактуванні) – свідоме розуміння і сприйняття екологічних проблем та переконаність в особистій відповідальності кожного за стан і майбутнє біосфери та людства.

• **Знання, якими повинен володіти студент в результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 4**

1. Об'єкт дослідження неоекології.
2. Атрибути самостійності неоекології.
3. Визначення предмету дослідження неоекології.

4. Пріоритети в неоекологічних дослідженнях.
5. Центральний метод неоекологічних досліджень.
6. Традиційні методи, що використовуються в неоекологічних дослідженнях.
7. Знати, що є понятійно-термінологічним апаратом неоекології.
8. Відмінні риси неоекології.
9. Стадії розвитку неоекології.
10. Структура неоекології.
11. Створюючий і об'єднуючий початок неоекології. Компоненти неоекології.
12. Родини, комплекси, розділи і напрями неоекології.
13. Аналітичні, синтетичні і методичні дисципліни неоекології.
14. Знати, чим визначається теоретична, методична і практична значущість вивчення неоекологією антропосфери.
15. Значення введення нової науки – неоекології.
16. Необхідність знання законів матеріального світу, його закономірностей та ін.
17. Закони мислення, їх суть.
18. Логічні закони Арістотеля і Лейбніца.
19. Що буде, якщо в міркуванні не буде дотримано одного із законів правильної побудови думки?
20. Суть гіпотези Геї, ким і коли створена, коли опублікована.
21. Перший і другий закони термодинаміки. Їх визначення і роль у формулюванні гіпотези Геї.
22. Найважливіша термодинамічна характеристика організмів, екосистем і біосфери в цілому.
23. Основні екологічні закони.
24. Закони Коммонера.
25. Еколого-термодинамічне правило, правило неминучих ланцюгових реакцій, правило нелінійності внутрішніх

взаємо-дій, правило незворотних порушень, правило постійності еколого-економічного потенціалу, правило 10 % і правило 1 %.

26. Принципи: спрямованості еволюції, катастрофічного по-товху, суцесійного заміщення, Ле Шательє-Брауна, обман-ивого благополуччя, принцип Реді та інші.

**• Уміння, які мають сформуватися у студента  
в процесі вивчення модуля 4**

1. Обґрунтовувати необхідність розмежування геккелівської (традиційної, класичної) екології і сучасної (неоекології).
2. Розрізняти об'єктивні і суб'єктивні передумови зміни первинного значення екології.
3. Пояснити, чому відбулося істотне «перехоплення» екологією багатьох функцій, задач охорони природи і раціонального використання природних ресурсів.
4. Довести відмінності соціосфери від антропосфери.
5. Дати визначення понятійно-термінологічної системи.
6. Пояснити, чому неоекологія зобов'язана використати понятійно-термінологічний апарат біології, географії та інших наук.
7. Уміти «впізнати закон».
8. Висувати гіпотезу, використовувати методи приблизних узагальнень і аналогій.
9. Визначати основні риси «закономірності». Перерахувати, характеризувати.
10. Пояснювати суть, наслідки дії і значення закону внутрішньої динамічної рівноваги.
11. Пояснювати і використовувати закон історичної необхідності.
12. Формулювати слідства закону розвитку навколишнього середовища.
13. Провести самостійний аналіз і визначити закони

традиційної екології і закони неоекології.

• ***Навички, які повинні бути сформовані в процесі вивчення модуля 4***

1. Вільно визначати об'єкти та предмети досліджень традиційної екології та неоекології.
2. Орієнтуватися у виборі методів при неоекологічних дослідженнях.
3. Використовувати методи неоекологічних досліджень при вирішенні задач охорони природи та раціонального природокористування.
4. Використовувати знання неоекології для просвітницької діяльності населення та фахівців різних галузей виробництва з метою оптимізації навколишнього середовища.
5. Володіти навичками, щодо використання закономірностей.
6. Використовувати на практиці закони мислення.
7. Володіти законами логіки у всіх сферах життєдіяльності.
8. Використовувати у майбутній професійній діяльності основних екологічних законів.
9. Визначати співвідношення законів Коммонера з іншими законами.

***Література до модуля 4***

**Основна**

1. Білявський Г. О. Основи загальної екології : підруч. / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С. Фурдуй. – 2-ге вид., зі змінами. – К. : Либідь, 1995. – 368 с.
2. Бровдій В. М. Системоутворюючі закони екології: навч. посіб. з екології / В. М. Бровдій, О. О. Гаца; [Відп. ред. В. М. Бровдій]; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, Укр. екол. акад. наук. – К., 2002. – 173 с.

- 3. Бровдій В. М. Закони екології (соціально-економічні, геофізичні та геохімічні): навч. посіб. з екології /В. М. Бровдій, О. О. Гаца; за ред. В. М. Бровдія. – К., 2003. – 180 с. – (Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова).**
4. Димань Т. М. Екотрофологія. Основи екологічно безпечного харчування: навч. посіб. / [Т. М. Димань, М. М. Барановський, Г. В. Білявський та ін.] – К. : Лібра, 2006. – 304 с.
5. Запольський А. К. Основи екології: підруч. / А. К. Запольський, А. І. Салюк; за ред. К. М. Ситника. – К. : Вища школа, 2001. – 358 с.
6. Кормилицын В. И. Основы экологии: учебн. пособ. / В. И. Кормилицын, М. С. Цицкишвили, Ю. И. Яломов. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – С. 169-170.
7. Малашевич Е. В. Краткий словарь-справочник по охране природы / Е. В. Малашевич. – Минск: Урожай, 1987. – 223 с.
8. Мороз О. С. Екологія міських систем: Інтерактивний комплекс навч.-метод. забезпеч. / О. С. Мороз. – Рівне: НУВГП, 2008. – 182 с.
9. Некос В. Е. Основы общей экологии и неоекологии: учеб. пособ. в 2-х ч. / В. Е. Некос – Х. : ХНУ имени В. Н. Кара-зина, 1998. Ч. 2.– Х.: Изд-во ХГУ, 1998. – 156 с.
10. Основи екології: Екологічна економіка та управління природокористуванням: підруч. / За заг. ред. д. е. н., проф. Л. Г. Мельника. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2005. – 759 с.
11. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник / Реймерс Н. Ф. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
12. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, гипотезы) / Н. Ф. Реймерс. – М. : Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с.
13. Саєт Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саєт,

- Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
14. Стадницкий Г. В. Экология: учеб. пособ. / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – М. : Высш. шк., 1988. – 272 с.
  15. Стадницкий Г. В. Законы экологии: учебно-справочное пособ. / Г. В. Стадницкий. – СПб : СПб госуд. технол. ун-т рослинних полімерів, 2003. – 36 с.
  16. Сторожук В. М. Промислова екологія: підруч. / В. М. Сторожук, В. А. Батлук, М. М. Назарук. – Львів : Українська академія друкарства, 2006. – 547 с.
  17. Сухарев С. М. Основы экологии та охорони довкілля: навч. посіб. [для студентів ВНЗ] / С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – К. : Центр навч. літератури, 2006. – 394 с.
  18. Фелленберг Г. Загрязнение окружающей среды. Введение в экологическую химию / Г. Фелленберг. – М. : Мир, 1997. – 232 с.

#### Додаткова

1. Алаев Э. В. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь / Э. В. Алаев. – М. : Мысль, 1983. – 32 с.
2. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2 т. / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд; пер. с англ. – М. : Мир, 1989.
3. Борисова С. В. Озон в атмосфері: навч. посіб. / С. В. Борисова. – Одеса : ТЕС, 2000. – 70 с.
4. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Главная ред. Молд. Сов. энцикл., 1990. – 408 с.
- 5. Іваненко Н. П. Україна та глобальний парниковий ефект: джерела і поглиначі парникових газів / [Н. П. Іваненко, М. М. Калетник, М. А. Козелькевич та ін.]; за ред.**



**В. В. Васильченко, М. В. Рапцуна. – К. : Вид-во Агентства з раціонального використання енергії та екології, 1997. – 96 с.**

6. Карпачевский Л. О. Проблемы экологического почвоведения / Л. О. Карпачевский // Экология и ноосферология. – 1995. – № 1–2. – С. 48-55.
7. Ковалевский В. В. Геохимическая среда и жизнь / В. В. Ковалевский. – М. : Наука, 1982. – 282 с.
8. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник / Н. И. Кондаков. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Наука, 1975. – 720 с.
9. Прикладная радиоэкология леса / [Краснов В. П., Орлов А. А., Бузун В. А., и др.]; под ред. д. с-х. н., проф. В. П. Краснова: Монография. – Житомир : Полісся, 2007. – 680 с.
10. Лосев К. Євразія / К. Лосев, М. Ананичева // Природа й люди. – № 2, 3 (39, 40). – 1997.
11. Павлова Е. И. Экология транспорта: учебн. для вузов / Е. И. Павлова. – М. : Транспорт, 2000. – 248 с.
12. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу / Ф. Рамад. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 543 с.
13. Руденко Л. Г. Оцінка стану виконання підсумкових документів Всесвітнього саміту зі сталого розвитку (Йоганнесбург, 2002) в Україні / Л. Г. Руденко, Г. О. Білявський, І. О. Горленко та ін. – К. : Акдемперіодика, 2004. – 208 с.
14. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування / Т. А. Сафранов. – Львів : Новий світ-2000, 2003. – 248 с.
15. Сафранов Т. А., Польовий А. М., Коніков Є.Г. та ін. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтово-рослинного покриву. – Одеса : ТЕС, 2003. – 260 с.

16. Сытник К. М. Словарь-справочник по экологии / К. М. Сытник, А. В. Брайон, А. В. Городецкий. – К. : Наук, думка, 1994.– 667 с.
17. Шотун М. Д. Основи теорії суспільної географії: навч. посіб. / М. Д. Шотун. – К. : Вища школа, 1996. – 231 с.
18. Щипанов М. А. Верните экологию экологам / М. А. Щипанов // Химия и жизнь. – 1993.– № 2.– С. 12-18.
19. Экология: учеб. пособ. / Под ред. проф. В. В. Денисова. Сер. «Учебный курс». – Ростов н/Д : Издат. Цент «МарТ», 2002. – 640 с.

## Навчальні матеріали до модуля 4

### 4.1 КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ НЕОЕКОЛОГІЇ

Ситуація, що склалася на даний час в світовій екологічній науці, свідчить про загальновідому невідповідність змісту поняття «екологія», визначення якої дав її засновник Геккель Е. (1866), і поняття «сучасна екологія», тобто з тим змістом, який нині в нього вкладається. З'явилася необхідність розділити існуючу традиційну (класичну) екологію, залишивши за нею термін «екологія», який по праву належить їй, і сучасну екологію, що сформувалася, визначивши її як «неоекологію» зі своїми власними об'єктом і предметом досліджень, понятійно-термінологічним апаратом, методиками і т. ін.

Відмежування й упровадження поняття «неоекологія» має ще одне надзвичайно важливе значення. В Україні з'являється поняття, яке найповніше відповідає поширеному за кордоном поняттю «Environmental Protection», прямий переклад якого в українській мові неможливий, не говорячи вже про те, що від «Environmental Protection» немає можливості утворити ні наукового напрямку дослідника, ні професії (спеціальності).

Даний модуль присвячений спробі об'єднати вже існуючі в сучасній екології ідеї і розробки в цілісну систему неоекологічних знань, привернути увагу студентів і фахівців до питань методології цієї наукової дисципліни, вимог, принципів, властивостей неоекологічних досліджень і т. ін. (рис. 4.1).

Звичайно, наведене нижче не претендує на виклад всіх концептуальних положень і проблем неоекології, досягнень, наукових знань, що склалися і формуються. Здійснюється лише спроба закласти теоретико-методологічні основи нової галузі пізнання – неоекології,

намітити можливі напрями подальшого розвитку науки, що частково вже склалася на базі традиційних екологічних знань, звернути увагу на недоцільність вкладення нового змісту в старе, давно усталене поняття «екологія». Необхідна велика самостійна робота для

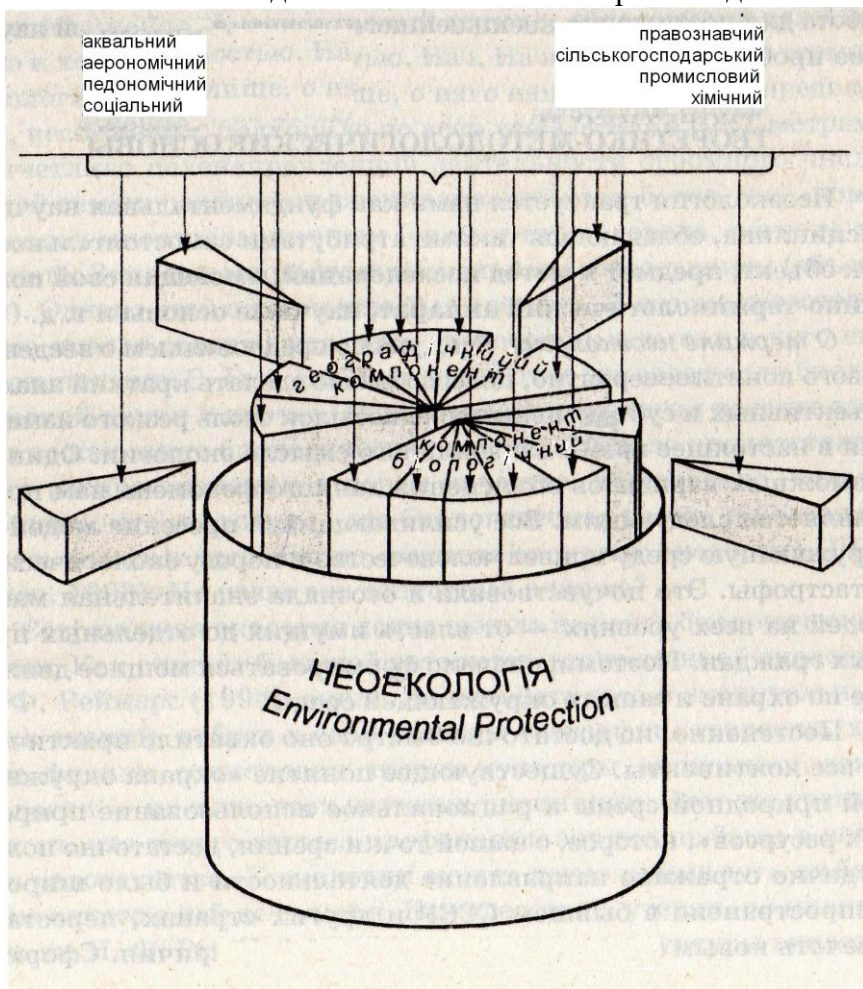


Рис. 4.1 – Компоненти неоекології

збагачення і подальшого розвитку цієї нової науки і її проблем.

Згідно з теоретико-методологічними посилками неоекологія трактується нами як фундаментальна наукова дисципліна, що володіє такими атрибутами самостійності, як *об'єкт, предмет і метод досліджень, що має свій понятійно-термінологічний апарат, наукові основи* і т. ін.

**Про термін «неоекологія».** Виступаючи з пропозицією про введення нового поняття, ймовірно, доцільно зробити короткий аналіз об'єктивних і суб'єктивних передумов такої різкої зміни в даний час початкового значення екології. Один із можливих варіантів пояснення даного феномену нам представляється наступним. Пресинг людей, що посилюється, на навколишнє середовище привів людство до порогу екологічної катастрофи. Це відчула і усвідомила значна маса людей на всіх рівнях – від тих, хто має владу, до окремих простих громадян. Тому і почав формуватися потужний рух з охорони і захисту навколишнього середовища.

Поступово, але достатньо швидко він охопив практично всі континенти. Існуюче поняття «охорона навколишнього природного середовища і раціональне використання природних ресурсів», яке, з нашої точки зору, достатньо повно і вдало відображало напрям діяльності і було поширене в колишньому СРСР та інших країнах, перестало відповідати новим вимогам з цілого ряду причин. Сформований міжнародний рух потребував короткої і ємкої назви, що відображала б суть і спрямованість дій. На жаль, згадане вище поняття не відповідало загальним правилам і вимогам до дефініції і визначенню термінів. Відзначимо лише деякі з них. Перш за все, не дотримана головна вимога – можливість від найменування науки (дисципліни) утворити найменування професії, спеціалізації людини (вченого), що займається в даній

області. Незручною з'явилася також наявність в цій назві великої кількості терміноелементів. Виникла потреба мати короткий, але ємкий, однослівний термін, що володіє витонченістю і доброю деривіантністю. На озброєння був узятий термін «екологія». Наука про житло, про наш будинок – таке визначення, поза сумнівом, підходило за всіма показниками (параметрами) до виразної цілеспрямованої діяльності величезної кількості людей різних спеціалізацій, тим паче, що «будинок» виявився багато ієрархічним (від квартири, міста, регіону до планети Земля) з багатофункціональним утворенням (об'єктом). Проте цей термін вже був «зайнятий». Та все ж невідповідність нового змісту тому, яке вкладав в нього його родоначальник Геккель Е., як досить вузької галузі біологічної науки (близько сторіччя екологія розвивалася тільки як чисто біологічна наука) не стало перешкодою до його розповсюдження в новій якості. Отже, не можна заперечувати, що екологія (тільки у розумінні Геккеля Е.) – це біологічна наука, і не можна не віддати належне вимозі «повернути екологію екологам» (Щипанов М. А., 1993). Але хто її забирає?

Сучасна екологія давно вийшла з рангу біологічної науки. Як вважає великий авторитет в сучасній екології Реймерс М. Ф. (1994), екологія перетворилася на значний цикл знань, увібравши в себе розділи географії, геології, хімії, фізики, соціології, теорії культури, економіки, навіть теології – по суті, всіх наукових дисциплін. Цей же учений вважав, що такого вибуху профанації знання не було в історії людства. До екології може легко долучитися будь-хто, навіть нічого в ній не розуміючи. Як наслідок, загублено, на думку того ж Реймерса М. Ф. (1994), навіть значення структури екологічного циклу наук. Раз усі «екологи», то і називають екологією все, у тому числі й охорону природи, охорону навколишнього середовища та

інше. У 1998 р., через дуже короткий час після вдосконалення структури екологічних спеціальностей, відбувся важко з'ясовний факт – спеціальність «Екологія» стала назива-тися «Екологія і охорона навколишнього середовища». Зауважимо, не напрямок, а спеціальність! На жаль, знову порушена головна вимога – втрачена можливість утворити найменування професії від назви спеціальності – «Охорона навколишнього середовища».

В 2006 р. сталася ще одна подія, в якій брали участь і автори підручника, – затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 1719 від 13.1.22006 р. нову назву напряму: «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування». Акцентуємо увагу – це назва напряму, а не спеціальності. Не дивлячись на те, що це ж «екологія», яку повинні вивчати біологи, а не «неоекологія», яка вивчається усіма. Та все ж то є надзвичайна перемога, і як би супротивники впорядкування понятійно-термінологічної плутанини не галасу-вали (по іншому це вже важко трактувати!), добре видно, що цей напрямок увібрав у себе все те, чим займається неоекологія на сучасний момент. Стосовно спеціальностей, то вони ще не затверджені, але суттєві зрушення також намічаються, бо, можливо, буде й екологічна експертиза (насправді, неоекологічна) і екологічний аудит (насправді, неоекологічний) і т. ін. Тож дійсно було б грамотно називати спеціаліста неоеколог-експерт, неоеколог-аудитор (важко уявити собі аудитора рослинного чи тваринного світу, ще цікавіше – аудитора взаємовідношень організмів з навколишнім середовищем, чи аудитора взаємо-відношень організмів між собою). Але ще багато часу спливе, поки впорядкується термінологія.

І головне не в цьому. Вже відбулося становлення нової науки. Традиційна, класична екологія продукувала цілу систему наук, стала по праву фундаментом нової галузі

знань – неоекології, яка, з одного боку, є мультидисциплінарною, а з іншого – світоглядною наукою.

Наведені вище правильні і точні вислови доктора біологічних наук, професора Реймерса М. Ф., узяті нами з його прекрасної книги «Екологія» (1994). У книгу включені такі розділи, як «Природа і економіка», «Екологія міського (муніципального) господарства» і т. ін. Кілька разів у своїй книзі автор відзначає, що глобальна екологія «...явно виходить за рамки біології, ... за рамки біосфери, вивчаючи екосферу планети, як космічного тіла» і т. ін. При цьому фігурує термін «мегаекологія», згаданий вище авторами. Проте навіть у даний час досить багато біологів сучасну екологію, як і раніше, вважають біологічною наукою, про що свідчать численні визначення в підручниках, словниках, довідниках, як і самі назви цих видань.

Таким чином, назріла нагальна необхідність розмежувати «традиційну» (геккелівську) і «сучасну екологію». При цьому правомірно залишити за традиційною екологією всі напрацювання і досягнення більш ніж за 100 років, структуру науки, що давно склалася, і, відповідно, об'єкт, предмет і методи досліджень. Те ж, що зараз називається «сучасною екологією», але не зарахувавши сюди все підряд, а ретельно профільтрувавши на суворій фундаментальній і теоретичній основі, слід назвати **«неоекологією»**. *Однією з найголовніших особливостей неоекології є те, що вона успадковує основні традиції класичної екології, використовуючи її як фундамент, базову основу, маючи свій власний об'єкт, предмет і методи дослідження, понятійно-термінологічний апарат і т. ін.* А саме це і є центральним стрижнем, найвагомішим доказом правомочності пропонуваного терміну. Ніякої нелогічності або незвичності в цьому немає. У світі науки існують приклади



такого підходу, наприклад неотектоніка, неореалізм та ін. Крім того, в новому терміні зберігається родове поняття.

Чи втратить що-небудь при такому розмежуванні екологія? Абсолютно очевидно – ні. Навпаки, за нею залишиться все те, що належало їй раніше, і, крім того, вона збагатиться новими знаннями, позбавляється плутанини слів, понять і самого розуміння «що є що».

**Об'єктом дослідження неоекології є антропосфера – унікальна і найскладніша з усіх сфер, в межах якої взаємодіють різні рівні організації складної системи «природа – господарство – населення».**

Про неоекологію як науку. Оскільки фундаментальною основою неоекології є класична екологія, а її теоретичні і методологічні посилки достатньо повно опубліковані, розглянемо стисло основні атрибути самостійності неоекології.

У даний час існує більше двох десятків різних сфер. Основні геосфери були охарактеризовані в першій частині підручника. Людина як біологічний вид відноситься до біосфери, але, будучи соціальною істотою, наділеною розумом і озброєною технікою, утворює в її межах більш вузьку самостійну сферу, пов'язану з суспільним життям і діяльністю, – антропосферу. Власне *антропосфера*, або *Ойкумена*, має декілька визначень. Перш за все «антропо» – це складова частина складних слів, що вказує на відношення їх до людини.

Згідно з Малашевічем Е. В. (1987, с. 17), антропосфера – 1) земна сфера, де живе або куди проникає людство; 2) частина біосфери, що використовується людиною; 3) сфера Землі і найближчого Космосу, найбільшою мірою прямо або побічно видозмінена людиною у минулому, або яка буде змінена людьми в найближчому майбутньому.

За Ситником К. М. та ін. (1994), антропосфера – частина біосфери, що використовується і видозмінюється людьми (с. 33), антропосфера – сукупність людей як організмів (с. 300).

За Дедю І. І. (1989), антропосфера – частина біосфери, що використовується і видозмінюється людьми, слово уживається іноді як синонім ноосфери (с. 21).

За Реймерсом М. Ф. (1990), антропосфера – 1) земна сфера, де живе і куди тимчасово проникає (за допомогою супутників і т. д.) людство; 2) сфера Землі і ближнього Космосу, яка найбільшою мірою прямо або побічно змінена людиною у минулому або буде ще більше змінена людьми в майбутньому; 3) частина біосфери, використовувана людьми.

Наше визначення, повторюючи основні ключові слова в понятті антропосфери, відрізняється від визначення цих авторів тим, що ми не отожднюємо поняття антропосфера і соціосфера.

Ми, слідом за Ситником К. М. та ін. (1994) і Реймерсом М. Ф. (1990), *під антропосферою розуміємо частину біосфери, яка використовується і видозмінюється людьми, місце, де постійно здійснюється життєдіяльність живої речовини планети і куди*

Наприклад, у «Великому енциклопедичному словнику» (М.: Сов. енциклопедия, 1991) сказано, що «антропосфера – складова

частина соціосфери, що охоплює людство як сукупність індивідів» (т. 1, с. 63). «Соціосфера – позначення людського суспільства, а також освоєного людиною природного середовища, в сукупності складових – частина географічної оболонки» (т. 2, с. 391). З наведеного визначення видно, що

в поєднанні антропосфера і соціосфера є вже об'єктом географії, а не екології.

За Кондратюком Е. М., Хархоте Р. І. (Словник-довідник з екології, 1987), соціосфера – новий синонім антропосфери.

За Ситником К. М. та ін. (1994), соціосфера – сфера суцільної виробничої діяльності, охоплена людською працею (с. 468).

Реймерс М. Ф. (1990) також пише, що антропосфера – синонім соціосфери (с. 23).

У «Географічному енциклопедичному словнику» (Сов. Энциклопедия, 1998, с. 16, 287) пояснюється, що антропосфера – складова частина соціосфери, яка охоплює людство як сукупність організмів. Соціосфера – частина географічної оболонки, що включає в себе людство з властивими йому на даному етапі розвитку виробничими відносинами, а також освоєну людиною частину природного середовища.

На відміну від вказаних вище авторів ми не вважаємо, що антропосфера і соціосфера – синоніми. Як і інші «сфери», антропосфера володіє своїми особливими функціями, специфічними рисами.

**Соціосфера – сфера суцільної виробничої діяльності, є частиною антропосфери.**

Пріоритетне положення в неоекологічних дослідженнях займає вивчення і прогноз забруднення навколишнього середовища і, перш за все, закономірності поведінки політантив в різних середовищах, зміна ступеня їх небезпеки для живої речовини при функціонуванні, формування нового стилю мислення в процесі безперервної екологічної освіти і виховання населення всіх вікових рівнів.

**Предметом** дослідження неоекології є закони, закономірності, правила розвитку і функціонування антропосфери і біосфери, пошук оптимальних форм внутрішньої взаємодії, що забезпечує екологічно безпечну життєдіяльність.

**Центральним методом** досліджень в неоекології виступає системний підхід, який розглядається в науці як конкретний теоретичний вираз матеріалістичної діалектики.

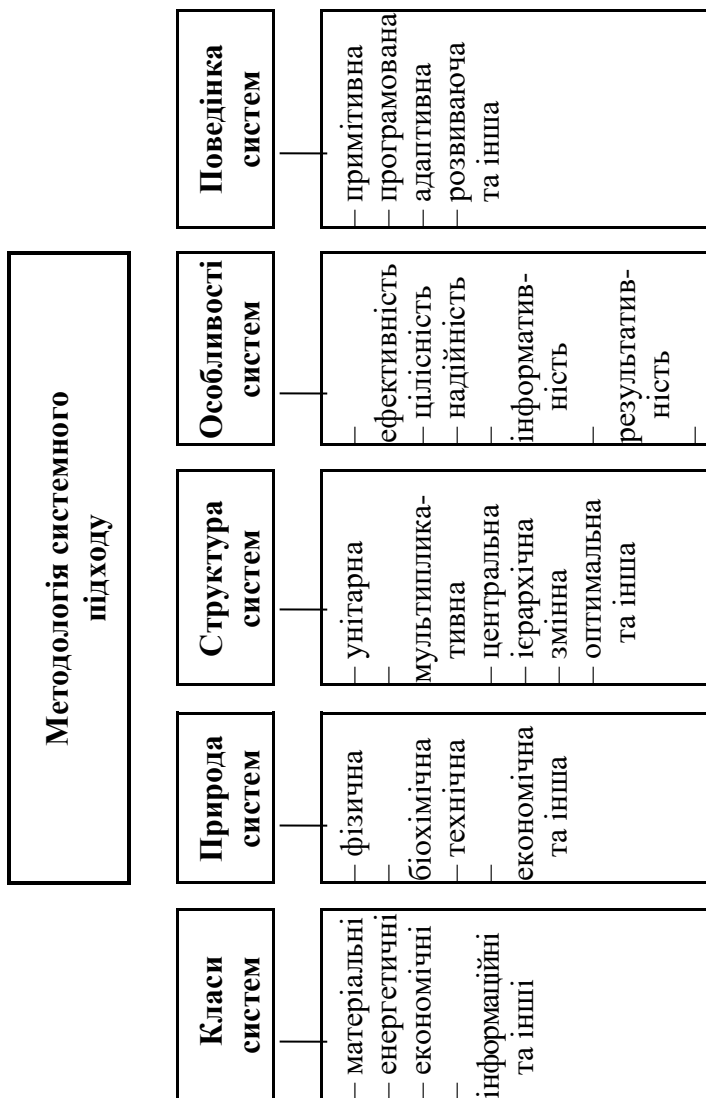
Найважливіша задача системного підходу – не тільки ефективно рішення традиційних проблем і задач за допомогою системного аналізу (рис. 4.2), але і пошук нових, раніше відсутніх в неоекологічних дослідженнях шляхів і способів використання системного аналізу. Вивчення механізмів функціонування, поведінки і трансформації забруднювачів в різних природних середовищах дозволить вийти на рішення проблем прогнозування стану природного середовища, його впливів на здоров'я людини. При вивченні впливу природного і зміненого природного середовища велике значення у використуванні системного підходу має вчення про зворотні зв'язки.

Оскільки неоекологія сформувалася на фундаменті багатьох, до того ж різнопланових знань, її методичний апарат надзвичайно різноманітний. Тут благодатний ґрунт для інтеграції і трансформації методів природознавства, математики, техніки і інших наук з метою вдосконалення існуючих і створення нових.

У числі традиційних методів неоекологічних досліджень найчастіше використовуються такі:

спостереження, експеримент, математичне моделювання і прогнозування, властиві також і класичній екології.

*Поняття* неоекології об'єднуються в *понятійно-терміно-логічні системи*, тобто сукупність понять і відповідних їм термі-



**Рис. 4.2** – Базова структура формування методології системного підходу

нів, взаємозв'язаних загальними початковими базовими поняттями, які одержали свій детальний опис завдяки використанню всієї системи.

Як центральні базисні поняття в неоекології виступають «жива речовина (матерія)» і «антропосфера» (сфера, в якій здійснюється життєдіяльність живого з прямими і зворотними зв'язками).

**Жива речовина – сукупність тіл живих організмів,  
що населяють Землю. (Реймерс М. Ф.,**

Понятійно-термінологічна система (Аласев Е. Б., 1993) неоекології побудована на базі систематизації найважливіших понять початкових наук (перш за все біології і географії) і залучення деяких загальнонаукових понять, без яких неможливе розуміння спеціальних термінів і понять. Все це забезпечує формування **наукової мови неоекології**.

На додаток до викладеного додамо, що до числа **відмінних рис неоекології** відносяться:

1) присутність територіальності, що обов'язково для екології, тобто пріоритетність у дослідженні територіальних структур;

2) пояснення і взаємне переплетення вчень про екосистему і геосистему;

3) виникнення нових, не характерних течій і напрямів, що виходять за межі вивчення класичної екології.

Неоекологія, як і будь-яка інша наука, в своєму розвитку проходить **три стадії**:

1) **дискриптивну** (описову) – на цій стадії формується і функціонує статична неоекологія (інвентаризація, систематизація, класифікація і т. ін.);

2) **інтерпретивну** (пояснення, дослідження динаміки і т. ін.) – це стадія розвитку динамічної неоекології;

3) **конструктивну** (розробка оптимальних моделей і рекомендацій управління) – це стадія розвитку прогностичної неоекології.

Виникнення неоекології, як було зазначено вище, не випадкове, а обумовлене нагальною необхідністю

інтегрувати розрізнені знання про взаємостосунки природи і суспільства, що загрожують самому існуванню першого і другого. Саме це обумовлює достатньо складну структуру науки, що формується на базі багатьох, до того ж різнопланових знань (див. рис. 4.1).

У даний час в неоекології виділяється **дві основні гілки, два взаємозв'язані напрями** – *фундаментальний* (природничо-науковий) і *галузевий* (науково-технічний). Фундаментальна гілка неоекології тяжіє до природничих наук, за деякими уявленнями і до гуманітарних, а галузева – до технічних.

Об'єднуючим початком, ядром цієї багатокомпонентної науки є специфічний неоекологічний компонент (рис. 4.1), що сформувався на теоретичних, методологічних і методичних основах біологічного і географічного компонентів. Таким чином, це абсолютно новий компонент, що утворився на стику наук і, однозначно, не властивий традиційній екології.

Такими ж не характерними для традиційної екології, але невід'ємними складовими неоекології є хімічний, соціальний, правознавчий та інші компоненти.

Цілком очевидним є і те, що абсолютно іншу функціональну роль, ніж в екології, виконують такі компоненти, як аквальний, агрономічний, педономічний. Природно, що наведеним вище не вичерпується перелік нових компонентів нової науки, але вони є основоположними. Разом з тим видно, що ряд компонентів не включено до структури неоекології, оскільки їх фундаментальне вивчення здійснюється класичною екологією або іншими науками.

Компоненти неоекології визначають і **структуру** неоеко-логічних наук, її родини, комплекси, розділи, напрями.



Під системою неоекологічних наук ми розуміємо поєднання різних екологічно спрямованих наукових дисциплін зі своїми особливими функціями, але разом з тим об'єднаних загальною

Система неоекологічних наук поділяються на ряд родин, серед яких найвиразніше виділяється родини *природознавчих неоекологічних дисциплін, екологічно спрямованих технічних дисциплін і екологічно спрямованих гуманітарних дисциплін.*

Відповідно таким же чином виділяються комплекси, розділи, напрями в системі неоекологічних наук. Таким чином, усі неоекологічні дисципліни зайняті пізнанням закономірностей розвитку і функціонування антропосфери, взаємостосунків і взаємозв'язків живого між собою і з навколишнім середовищем, тобто, маючи загальний об'єкт дослідження, кожна дисципліна з родини, комплексу і так далі вивчає свій власний компонент, аспект. При цьому кожна приватна (окрема) неоекологічна дисципліна відповідає всім критеріям, у тому числі і основному: об'єкт кожної приватної неоекологічної науки вивчається не ізольовано, а у взаємозв'язку і взаємозалежності з об'єктами інших приватних неоекологічних дисциплін.

Існують і інші класифікації. Одна з них – розподіл науки на *аналітичні (галузеві), синтетичні і методичні дисципліни.* Відповідно до цього підходу (наприклад, найновіша класифікація соціальної географії за Пістуном М. Д., 1996) неоекологія може підрозділятися таким чином (рис. 4.3): *синтетичні (галузеві)* неоекологічні дисципліни – екологія повітря, екологія ґрунтів, екологія ландшафтів і т. ін.; *аналітичні* – основи неоекології, екологія людини, екологія України, експертиза навколишнього середовища і т. ін.; *методичні* – методика викладання неоекології в загальноосвітній школі, методика викладання неоекології у

вищій школі, методика масової екологічної освіти і виховання і т. ін.

Відповідно до вищевикладеного можливо дати визначення поняття неоекологія.

**Неоекологія** — це комплекс (родина) наук, що вивчає розвиток, функціонування і прогнозування розвитку антропосфери, розробляючи можливості управління взаємостосунками і зв'язками в системі «природа — суспільство» з метою їх гармонізації і забезпечення

Теоретична, методологічна і практична значущість вивчення об'єкта неоекології підкреслюється тим, що, за Карпачев-ським Л. О. (1995), на даний час третину суші земної кулі можна віднести до антропосфери. Таким чином, введення нової науки дозволить відновити права традиційної екології, ліквідувати плутанину слів, понять і т. ін. — поставити все на свої місця.



**Рис. 4.3 – Структура неоекологічних дисциплін**  
**4.2 ОСНОВНІ ВИБІРКОВІ ТЕРМІНИ І ПОНЯТТЯ**  
**НЕОЕКОЛОГІЇ**

Неоекологія має характерний понятійно-термінологічний апарат, що не властивий традиційній екології, який сформувався, в основному, на базі інших наук або окремих напрямків. Прекрасним прикладом сказаному можуть слугувати монографії Перельмана О. І. (1961), Саст Ю. Є. та ін. (1990), Малишевої Л. Л. (1998), з яких нами запозичена значна частина понять і термінів. І це закономірно, тому що в цих науках єдина методологічна база, єдиний метаоб'єкт, близький базовий понятійно-терміно-логічний апарат, оскільки його формування здійснювалося на стику великої кількості наук. Представляється, що поточний етап розвитку науки дозволяє сформулювати закономірність, а може і закон, формування понятійно-термінологічного апарату, що уже досить чітко визначилися – тісне переплетіння понять-

термінів різних наук, перехід їх з однієї науки в іншу, тобто багатоаспектне (багатофункціональне) використання того самого терміну в різних науках. Виникнення даної закономірності (закону) обумовлено, як ми вже відзначали, широким розвитком «стикових наук», наук, що сформувалися й форму-ються на стику часто навіть зовсім різнопрофільних наук.

Так, для неоекології надзвичайно важливим є поняття, введене Перельманом О. І. (1961), про *оптимальний вміст хіміч-них елементів у навколишньому середовищі*, тобто такий їх вміст у продуктах харчування, воді, повітрі, який найкраще забезпечує потреби людини. Дійсно, зараз встановлено, що багато хвороб як у людини, так і в природі, в цілому, так чи інакше пов'язані з особливостями розподілу хімічних елементів. Так хіба це поняття не є

**Забруднення (з неоекологічних позицій) – це будь-яке порушення (зміна) оптимального стану або вмісту складових (елементів, компонентів, показників та ін.) навколишнього середовища**

базовим для неоекології? Хіба це явище не визначає більш ємне, точне й гранично коротке формулювання поняття «забруднення»? Необхідно тільки розширити й уточнити геохімічний або медико-біологічний підходи, про які мова піде нижче.

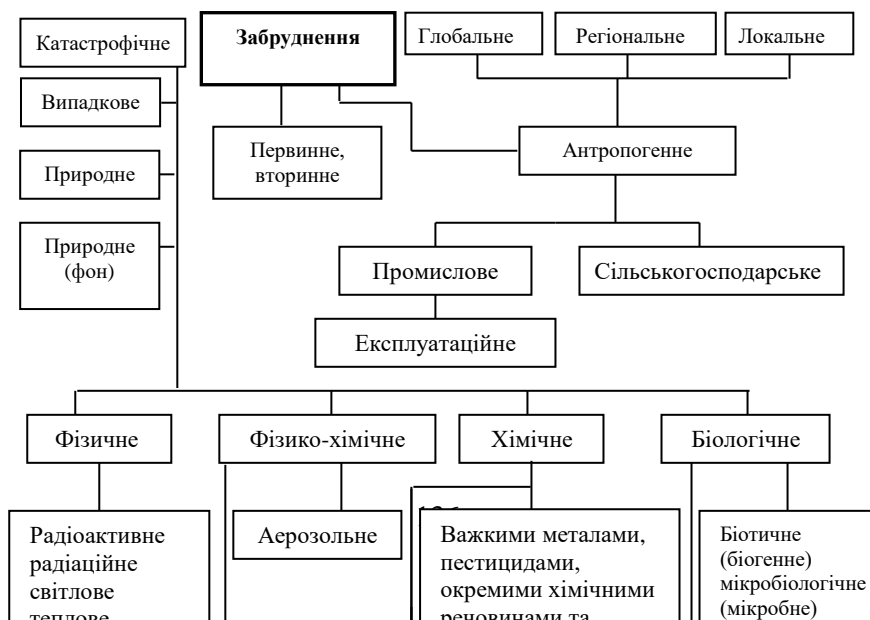
Існує значна кількість різних визначень поняття «забруднення» (рис. 4.4). У спеціальній літературі найпоширеніше геохімічне й медико-біологічне тлумачення даного поняття. Представники геохімічного трактування вважають, що будь-який антропогенний вплив, який приводить до зміни хімічних сполук одного або де-кількох природних компонентів, є геохімічним. Тому антропогенний геохімічний вплив не обмежується будь-яким видом людської діяльності (це промисловість, сільське й лісове господарство, рекреація й т. ін.).

**Забруднення (із класичних геохімічних позицій)** – зміна хімічних властивостей навколишнього середовища, не пов'язана із природними процесами забрудненням

Відповідно до цього трактування забруднення носять тільки антропогенний характер.

**Забруднення (медико-біологічне трактування)** – поява або кількісна зміна в навколишньому середовищі тих чи інших фізичних (наприклад, шуму, радіації, електромагнітних полів, вібрацій) або хімічних властивостей (забруднюючих речовин), рівень прояву яких може несприятливо вплинути на умови життя

**Забруднення (з екологічних позицій)** – це комплекс перешкод в екосистемах, що впливає на потоки енергії і інформації в харчових (енергетичних)



Стійке  
Руйнівальне  
біологічними  
процесами

Міського  
середовища  
Внутрішньо-  
квартирне

**Рис. 4.4** – Схема форм забруднення  
(за Реймерсом М. Ф., 1990)

**Забруднення (у найбільш загальному вигляді) – все те, що не в тому місці, не в той час і не в тій кількості притаманне природі, що виводить її системи зі стану рівноваги, відрізняється від звичайно спостережуваної норми й/або бажаної для людини**

За такого трактування може існувати й природне забруднення (на ділянках родовищ корисних копалин, у районах вулканічної діяльності й т. ін.).

Ці перешкоди часто перевищують норми реакцій, еволюційно вироблені на рівні популяцій, тому

відмінність природних перешкод від антропогенних у тому, що перші ведуть до відбору, а другі – до масової загибелі.

*Перешкодами* є руйнування біогеоценозів при відкритій розробці родовищ, регулювання водотоків, осушення, ерозія ґрунтів. Це шахтні відвали, терикони, спортивне полювання (нагромадження свинцевого дроби у воді й ґрунтах, що поїда-ється птахами, як гравій або насіння). Полювання (за Стадниць-ким Г. В., Родіоновим А. І., 1988) теж може розглядатися як перешкода, тобто забруднення. Але це питання надзвичайно дискусійне. Грамотне полювання не може бути перешкодою. На нашу думку, якщо перешкода веде до зниження продуктивності популяції й екосистеми, а далі – до розпаду, тільки тоді вона може вважатися забруднювачем.

Розрізняють *матеріальні й енергетичні забруднення*. *Енерге-тичні* забруднення включають в себе промислові теплові викиди та всі види випромінювання – світлове, акустичне, електромаг-нітне та іонізуюче. Енергетичні забруднення мають ряд вла-сти-востей: зі збільшенням відстані від джерела їх дія послаб-люється; негативно впливають на стан довкілля тільки в момент їх генерації, тобто вони не накопичуються в НПС (за виклю-ченням теплових викидів), але негативні наслідки можуть позначатися тривалий час на організмах.

Кожний із наведених класів забруднення, у свою чергу, ділиться на відповідні складові.

За *об'єктом* забруднення поділяються на: забруднення атмосфери (атмосферного повітря), забруднення гідросфери (природних вод); забруднення літобіосфери (гірських порід і ґрунтів); забруднення всієї біосфери.

За *тривалістю* впливи розрізняють: тимчасові (в тому числі епізодичні); постійні.

За *масштабом впливу* забруднення можуть бути: локальні, регіональні, глобальні.

За *фізичним станом* забруднюючі речовини розподіляються на газоподібні, тверді та рідкі. Наприклад, на долю газоподібних, що надходять до атмосфери, припадає 90%, а на долю пилу, важких металів, мінеральних і органічних сполук, радіоактивних речовин, тобто твердих домішок – близько 10%. Кількість рідких домішок (наприклад, різних кислот) дуже мала порівняно з газоподібними та твердими домішками. У складі останніх завжди присутня вода, вміст якої тим більше, чим вище відносна вологість повітря. При взаємодії біосферних середовищ відбувається і перерозподіл забруднюючих речовин.

При характеристиці забруднення навколишнього середовища вживаються такі поняття, як полютанти, ксенобіотики, екотоксиканти та ін. *Полютанти* – речовини, що забруднюють середовище життя, тобто забруднювачі. *Ксенобіотики* – сторонні для живих організмів шкідливі сполуки (пестициди, препарати побутової хімії та ін.), які потрапляють в значних концентраціях в природне середовище і призводять до загибелі організмів, а також порушують нормальний хід природних процесів в екосистемах. Близьким за значенням є поняття *екотоксиканти* – шкідливі речовини, що забруднюють навколишнє природне середовище і отруюють живі організми, які знаходяться в ньому.

Полютанти можуть представляти канцерогенну, мутагенну і тератогенну небезпеку. *Канцерогенні* полютанти сприяють виникненню і розвитку злоякісних новоутворень, *мутагенні* полютанти викликають різкі спадкові зміни, *тератогенні* полютанти призводять до пошкодження зародків і біологічних агентів з виникненням аномалій і вад розвитку.



Існує декілька класифікацій типів забруднень і шкідливих впливів на біосферні середовища. Як приклад можна навести класифікацію Рамада Ф. (1981):

1) *фізичні забруднення* (радіоактивні елементи, випромінювання; нагрів або теплове забруднення; шуми і низькочастотна вібрація, інфразвук);

2) *хімічні забруднення* (газоподібні і рідкі похідні вуглецю; миючі засоби; пластмаси; пестициди та інші синтетичні органічні речовини; похідні сірки; похідні азоту; важкі метали; фтористі сполуки; тверді домішки; органічні речовини, підвладні бродінню);

3) *біологічні забруднення* (мікробіологічне отруєння дихальних і живильних шляхів – бактерії, віруси; зміни біоценозів у гідросфері та у ґрунтах через невміле впровадження рослинних або тваринних видів);

4) *естетична шкода* (порушення пейзажів і визначних місць грубою урбанізацією або малопривабливими будівлями; будівництво індустриальних центрів у незайманих або мало змінених людиною біотопах).

Оригінальна класифікація забруднень запропонована Парсоном Р. (Стадницький Г. В., Родіонов А. І., 1988). Вона включає *тип забруднення, його джерела, наслідки і міри контролю*. Він виділяє наступні *типи забруднень*: стічні води й інші нечистоти, що поглинають кисень; носії інфекцій; речовини, що представляють харчову цінність для рослин; органічні кислоти й солі; мінерали й неорганічні кислоти й солі; твердий стік; радіо-активні речовини. Стадницький Г. В., Родіонов А. І. (1988) забруднення класифікують таким чином (рис. 4.5):

1) *інгредієнтне забруднення* як сукупність мінеральних, органічних і органо-мінеральних речовин, кількісно або якісно чужих біоценозів (продукти згоряння органічного палива, відходи виробництва і споживання та ін.);

2) *параметричне забруднення*, пов'язане зі зміною якісних параметрів навколишнього середовища (теплове, шумове, світлове, радіаційне, електромагнітне);

3) *біоценотичне забруднення*, що полягає у впливі на склад і структуру популяції живих організмів (порушення балансу популяції, інтродукція і так далі);

4) *стаціонально-деструкційне забруднення* (*стація* – житло популяції або ділянка, яка характеризується сукупністю умов для існування даного виду тварин; *деструкція* – руйнування), що являє собою зміну ландшафту й екосистем у процесі природо-користування (вирубка лісових насаджень, ерозія ґрунтів, осушення земель та інше).

Саст Ю. Є. та ін. (1990) за характером надходження поділяє забруднюючі речовини на локальні, площинні, лінійні (неточкові). Всі промислові джерела викидів, а також стоки є точковими джерелами. Неточковими джерелами є багато елементів сільсько-господарського виробництва, хімізація, поверхневий стік і т. ін. За складом забруднюючі речовини діляться на органічні, органо-мінеральні й мінеральні. До мінеральних зазвичай відносять різні хімічні елементи, а не сполуки.

*Таким чином, причиною забруднення може бути: будь-який фізичний агент; хімічна речовина; біологічний вид (наприклад, мікроорганізми, що попадають у навколишнє середовище або виникають у ньому в кількостях, що виходять за рамки своєї звичайної концентрації – граничних природних коливань або середнього природного вмісту в даний час).*

*Забруднення буває природне й антропогенне.*

***Природне – забруднення, викликане природними, зазвичай катастрофічними, причинами: виверженнями, пиловими бурями, селевими***

**Антропогенне – забруднення, викликане діяльністю людини.**

**Розрізняють наступні антропогенні забруднення:**

- *такі, що руйнуються біологічними процесами.* Вони входять до природних кругообігів і швидко зникають;
- *такі, що не руйнуються біологічними процесами.* Вони не входять до кругообігів, тому руйнуються організмами в харчових ланцюгах.

**Антропогенні забруднення діляться на:**

- *біологічні* (випадкові чи обумовлені людською діяльністю);
- *механічні* (без значних фізико-хімічних наслідків);
- *хімічні* (зміна властивостей середовища шляхом збільшення кількості наявних елементів або проникнення сторонніх елементів у середовище);
- *фізичні*, у тому числі: теплові, світлові, шумові, електромаг-нітні, радіоактивні;
- *мікробіологічні* (мікробні) – величезна кількість мікробів на антропогенних субстратах.

**Екологічна пастка – поняття, що закріпилося за негативним впливом зміни якості хімічного середовища на метаболізм організмів.**

Як приклад такої пастки наводять вплив метил-ртуті на фізіологічні процеси в організмі людини (хвороба «мінамата»), а також вплив деяких пестицидів (наприклад, на нервову систе-му). Крім впливу на теплокровних тварин, ці хімічні утворення накопичуються в кільцях харчових ланцюгів, впливають на рівні захворюваності, є причинами виникнення різноманітних хвороб.

Забруднення проявляється *стрибкоподібно*. Причина – попе-редні сховані прояви, тому доцільно використати не

гранично-допустимі концентрації (ГДК), а критерії екологічного ризику.

Термін *джерело забруднення* має широке й не дуже певне застосування.

***Джерело забруднення – це вид людської діяльності, конкретні об’єкти діяльності або матеріальні носії забруднюючих речовин.***

Прикладом людської діяльності може бути радіотехнічне виробництво, поливне овочівництво, водна рекреація та ін., при-кладом об’єктів діяльності є заводи, смітники, зберігання відходів, автотранспорт і т. ін., а матеріальними носіями забруднюючих речовин є відходи виробництва, засоби хімізації і т. ін. (рис. 4.6). Але крім цього, Реймерс М. Ф. (1990) і ряд інших авторів до джерел забруднення відносять *регіон*, звідки надходять забруднюючі речовини (при далекому й транспортному переносі), а також позарегіональний фон забруднень, накопичених у середовищі (наприклад, у повітряному —  $CO_2$ , у водному середовищі — їх кислотність і т. ін.).

**Відходи.** Забруднення відходами лише умовно можна віднести до *механічного забруднення*, тому що відходи спричиняють не тільки негативний механічний вплив, а супроводжуються також негативними фізико-хімічними ефектами. Доцільно також навести витяг із Закону України «Про відходи» (05.03.1998): *відходи* – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються в процесі людської діяльності і не використовуються потім за місцем утворення чи виявлення, від яких їх власник позбавляється, має намір або зобов’язаний позбавитися шляхом їх *утилізації* або *видалення*. *Утилізація відходів* – використання відходів як вторинних матеріальних або

енергетичних ресурсів; *видалення відходів* – проведення операцій з відходами, які не приводять до їх утилізації.

***Відходи* – частина матеріалів, використана і перероблена людиною, не утилізована в цей момент і повернена до навколишнього**

*Класифікація відходів* – процес впорядкування даних про відходи, що включає: 1) ідентифікацію відходів відповідно до їх стану, складу і властивостей; 2) співвідношення з певним процесом утворення і видом економічної діяльності; 3) віднесення до будь-яких інших діючих систем групування або переліків (забруднень, вторинних ресурсів, токсикантів і т.д.), категорій речовин, матеріалів і інших об'єктів; 4) віднесення до

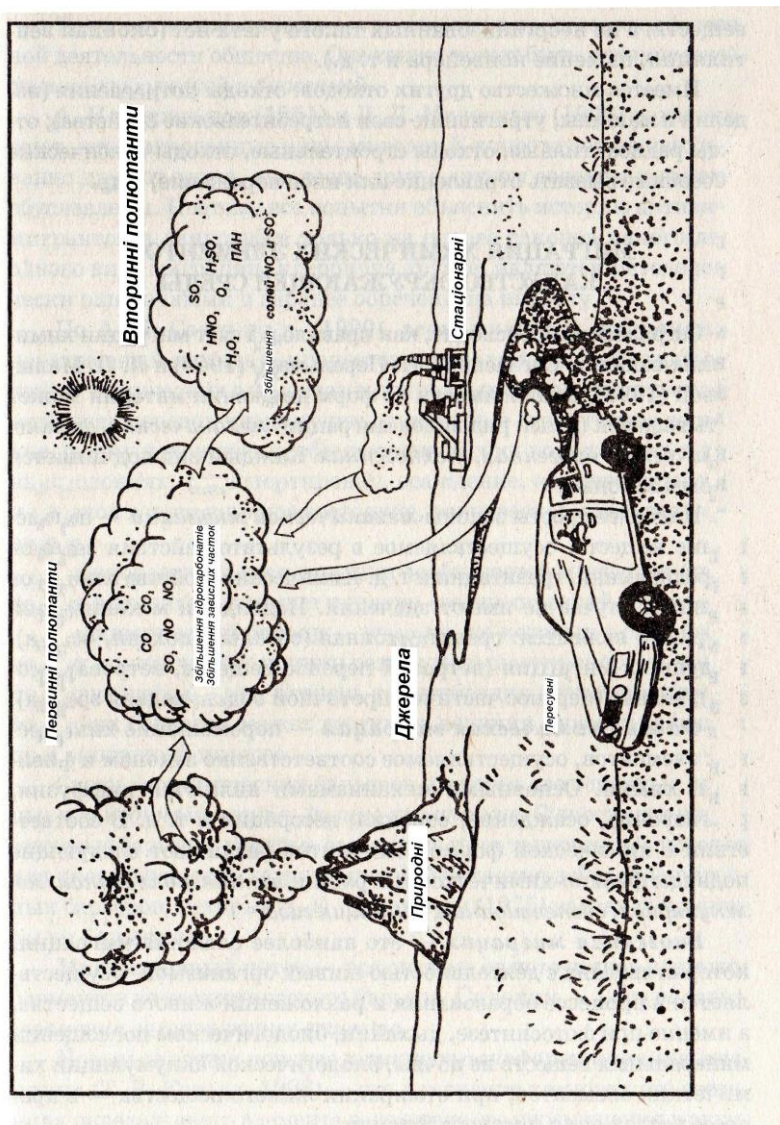


Рис. 4.6 – Матеріальні носії забруднюючих речовин

певних видів переробки, утилізації і видалення відходів.  
Наприклад, класифікація за місцем утворення відходів:

1) *виробничі* (промислові; сільськогосподарські); 2) *побутові* (комунальні); 3) *відходи споживання*; 4) *радіоактивні*. Перелік видів *агрегатного стану* відходів: рідкі; тверді; шламоподібні (пастоподібні); газоподібні; змішані; невизначені. Всі промислові відходи можна розділити на два види: *нетоксичні* і *токсичні*. З існуючих класифікацій відходів за токсичністю найбільший інтерес становить класифікація, вживана в гігієнічній практиці. Виділяється чотири класи небезпеки на підставі середньо летальних доз (ЛД<sub>50</sub>) і ГДК речовин: 1-й клас небезпеки – *надзвичайно небезпечні*; 2-й – *високо небезпечні*; 3-й – *помірно небезпечні*; 4-й – *мало небезпечні*.

**Забруднення відбувається, як правило, за рахунок міграції хімічних речовин.**

Згідно з Перельманом О. І. (1969) і Малишевою Л. Л. (1998), залежно від форм руху матерії може бути виділений цілий ряд видів міграції: *механічна, фізико-хімічна, біогенна, техногенна*. Кожний вид підкоряється особливим законам (рис. 4.7).

Найбільш прості закони *механічної міграції*.

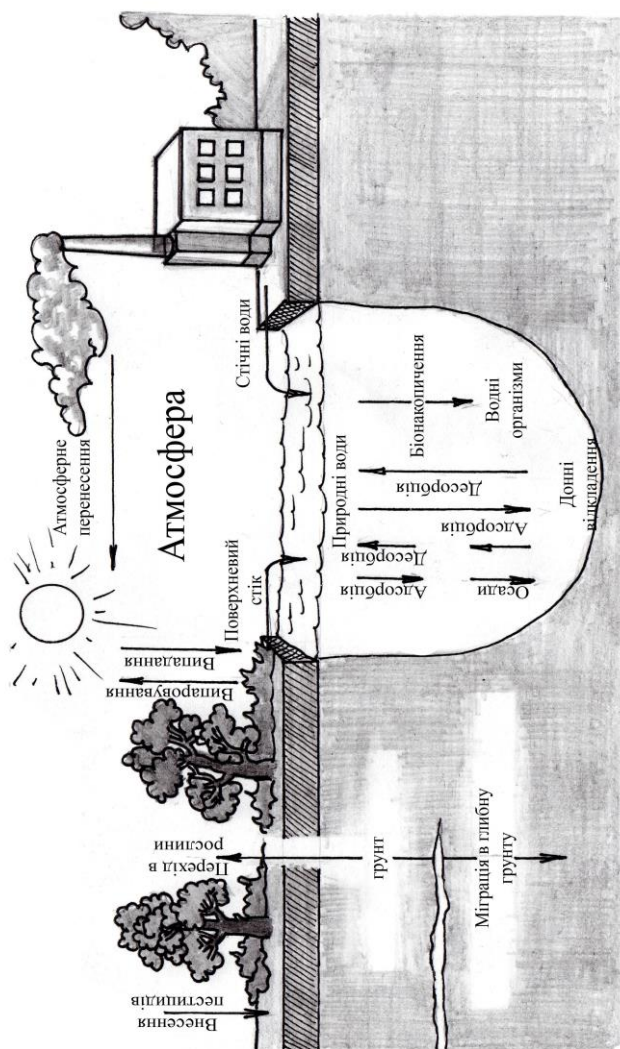
***Механічна міграція* – переміщення речовин, здійснюване в результаті дії законів гідродинаміки, гравітації й т. ін. Хімічні властивості елементів у цьому випадку не мають**

***Фізико-хімічна міграція* – переміщення хімічних елементів, що здійснюється відповідно до законів фізики і хімії. Основними механізмами є дифузія, розчинення, сорбція, десорбція, і т. ін.**

Підвидами механічної міграції є: *гравітаційна* (обвали, зсуви, осипи); *повітряна* (вітровий перенос речовин, вітрова



ерозія); *водна* (перенос часточок проточною водою, водна ерозія).



**Рис. 4.7** – Основні шляхи міграції забруднюючих речовин у навколишньому середовищі

Відповідно до хімічної форми мігрантів розрізняють наступні підвиди фізико-хімічної міграції: *іонна, колоїдна, моле-кулярна, суспензійна, міграція газу*.

Перельман О. І. (1961) і Малишева Л. Л. (1998) підкреслюють, що наведені види міграцій існують не ізольовано один від одного, вони тісно один з одним зв'язані й взаємообумовлені (рис. 4.8).

Тому всі спроби пояснити історію активних мігрантів у ландшафті тільки на основі законів якого-небудь одного виду міграції, ігноруючи інші, є методологічно помилковими і заздалегідь приречені на невдачу.

***Техногенна міграція*** – відбувається в процесі господарської діяльності суспільства. Вона також може бути *механічною, фізико-хімічною й*

***Біогенна міграція*** – це найбільш складна міграція, пов'язана з діяльністю живих організмів. Здійснюється в процесі утворення й розкладання живої речовини, а саме при фотосинтезі, диханні, біологічному поглинанні мінеральних речовин із ґрунту, біологічної акумуляції хімічних елементів, при відмиранні

***Геохімічна міграція*** – нерозривний комплекс процесів, що приводять до перерозподілу хімічних елементів у приповерхневих тілах (Саст

Цей комплекс включає перехід хімічних елементів у структурний стан, форму надходження, що забезпечує їх рухливість у даних умовах, транспортування, осадження,

**Рис. 4.8 – Шляхи забруднення підземних вод**

Важливе місце в дослідженні особливостей міграції хімічних елементів займає поняття «геохімічний бар'єр».

Серед геохімічних бар'єрів є *дві основні групи: термодинамічні та фізико-хімічні*. Існують *штучні бар'єри*, які створюють на шляху техногенних потоків для запобігання забруднення або посилення дії природних бар'єрів, які Перельман О. І. (1975) назвав *техногенними бар'єрами*.

**Геохімічний бар'єр** – ділянки, на яких в силу фізичних і хімічних причин різко зменшується швидкість транспортуючого потоку. Ступінь концентрації елементів у геохімічних бар'єрах може досягати величин, що представляють

**Міграційний потік** – вся система від джерел поставки елементів до геохімічного бар'єра. Синонім – ланцюг розповсюдження забруднюючих

Новим є поняття *хіміко-трансформаційна міграція* (Козуля Т. В., 1998) – це зміна хімічного стану певного елементу внаслідок його переміщення в оточуючому середовищі, взаємодії із природними елементами, з іншими техногенними елементами, що приводить до зміни його валентного стану й токсичних властивостей.

При описі хіміко-трансформаційної міграції окремого елемента найбільша увага приділяється зміні його поведінки в середовищі відповідно до хімічного стану. Переміщення техногенних елементів в атмосфері, потім попадання у воду або ґрунт приводить до виникнення ланцюга трансформації кожного окремого елемента, що значно змінює його токсичні властивості. Ступінь окислювання елемента й швидкість, з якою неорганічний іон окислюється й відновлюється, за твердженням Єршова

Ю. А., Плетньова Т. В., визначають токсичну дію неорганічних речовин у біосфері.

З міграцією хімічних елементів тісно пов'язане формування якості навколишнього середовища. У даному аспекті важливе значення має *ступінь забруднення території*. Його можна оцінювати окремо для кожного з елементів-забруднювачів за *кларком концент-рації* або *коефіцієнтом концентрації* (середньою фоноюю характеристикою), або ГДК, або *інтегрально*, з огляду на всі забруднюючі речовини, які виявлені на даній території.

Тісно пов'язане з якістю середовища поняття *стійкість системи*, що розглядалося в першій частині цього підручника. Тут додамо, що *стійкість тісно пов'язана зі здатністю системи до самоочищення*. Визначення цього поняття доцільно використати у розумінні Малишевої Л. Л. (1998). Одним з показників здатності до самоочищення може служити *потенціал самоочищення геосистеми*.

***Якість навколишнього середовища – визначається як ступінь відповідності природних умов потребам людей та інших живих організмів. (Реймерс***

Функціонує також термін *якість середовища життя людини* – це відповідність середовища потребам людини.

Основною *мірою якості навколишнього середовища* є вміст хімічних елементів: масових часток хімічних елементів (мкг/г, мг/кг, кг/т або %) або об'ємної концентрації їх, тобто маси хімічних елементів в одиниці об'єму природного тіла (мгк/дм<sup>3</sup>, мг/дм<sup>3</sup>, г/м<sup>3</sup> тощо). Іноді вивчається розподіл так званих *показ-ників техногенного навантаження* або *модулів техногенного тиску* – масової частки або звичайної концентрації забрудню-ючих речовин, що надходять у навколишнє середовище, на одиницю площі (довжини) за одиницю часу (наприклад, г/м<sup>2</sup> на добу).

За рахунок переміщення забруднюючих речовин у транспортуючих середовищах, водно-міграційних і повітряно-міграційних потоках, а також шляхом біологічного поглинання елементів (транслокація) рослинністю й далі по ланцюгах харчування забруднювачі потрапляють до живих організмів (трофічний ланцюг поширення). Транспортуючі середовища для живих організмів є головними життєзабезпечуючими природними середовищами. Природні середовища, що накопичують забруднюючі речовини (грунти, рослинний і сніжний покриви, донні відкладення), є депонуючими, але є й транспортуючі природні середовища (вода, повітря).

Отже, середовища діляться на *депонуючі* (грунти, донні відкладення) і *транспортуючі* (вода, повітря). Більше того, депонуючі середовища поділяються на *короткочасно депонуючі* (сніг, поверхня рослинності) та *довгочасно депонуючі* (грунти, донні відкладення) забруднюючі речовини. Таким чином, необхідно розрізнати (не плутати) транспортуючий потік і середовище, що депонує. Механізм виведення хімічних елементів із транспортуючих потоків у депонуючі середовища добре зрозумілий у загальному вигляді, але фактично майже не досліджувався й дуже слабо описаний. Він обумовлений насамперед формами знаходження хімічних елементів у потоках. Найпоширенішими формами хімічних елементів у потоках є *розчинена й зв'язана*.

Основними поняттями просторової структури забруднюючих елементів є такі.

**Геохімічний фон** – це середня величина природної варіації вмістів хімічних елементів.

**Техногенний фон встановлюється за співвідношенням концентрацій хімічних елементів (даних актуального вмісту) до припущених фонових показників.**

За Глазовською М. А. (1989), геохімічний фон повинен визначатися не тільки за середнім вмістом хімічних елементів у геосистемах (компонентах геосистем), але й за характером взаємин між компонентами й підсистемами каскадних ланд-шафтно-геохімічних систем, які відбивають інтенсивність міграції елементів і спрямованість їх трансформації в ландшафтах.

Техногенний геохімічний фон визначається за даними вмісту техногенних хімічних речовин у поверхневому шарі ґрунтів і донних відкладеннях порівняно з їхнім природними фоновими концентраціями. Доцільно при цьому користуватися такими показниками, як *кларк концентрації*, відношення актуальної концентрації до ГДК, комплексний показник забруднення (за сумою відносин вмісту хімічних елементів до їх ГДК, поділеної на кількість хімічних елементів).

Геохімічні неоднорідності можуть бути обумовлені як підвищеним вмістом хімічного елементу щодо фону (*позитивні*

**Геохімічна аномалія – це ділянка території, у межах якої хоча б в одному з природних тіл, що її складають, статичні параметри розподілу хімічних елементів вірогідно відрізняються від**

*аномалії*), так і заниженим вмістом хімічного елементу порівняно з фоном (*негативні аномалії*). Залежно від природних компонентів, що депонують геохімічні аномалії, можна виділити: 1) *літогеохімічні*, обумовлені складом гірських порід, ґрунтів і донних відкладів,



техногенних ґрунтів; 2) *гідрогео-хімічні* – складом підземних вод; 3) *газогеохімічні* – газовим складом ґрунтів, гірських порід, підземних вод; 4) *сноухімічні* – складом снігового покриття; 5) *біогеохімічні* – складом живої речовини.

Найбільш стабільні в часі літогеохімічні аномалії. Хімічні елементи надходять у живі організми повітряним, водяним і трофічним шляхами. В останньому випадку відзначається біологічне концентрування токсикантів по мірі переміщення на більш високий трофічний рівень. Фіксуються зв'язки в системах «гірські породи – біота», «підземні води – біота», «ґрунти – біота» тощо. Не зупиняючись на аналізі особливостей впливу природних геохімічних аномалій різного типу на біоценози і здоров'я населення, слід особливо зазначити вплив біогео-хімічних аномалій на формування біогеохімічних ендемій.

За визначенням Ковалевського В. В. (1982), *біогеохімічні ендемії* – захворювання рослин, тварин і людей, викликані дефіцитом чи надлишком (дисбалансом) хімічних елементів у природних середовищах. Особливо негативно на біоту впливають техногенні геохімічні поля й аномалії вищезазначених типів.

При описі аномалій використовують поняття «геохімічний потік розсіювання» і «геохімічний ареал розсіювання».

Його головними особливостями є динамічність, нестійкість складу і концентрацій хімічних елементів у часі.

***Геохімічний потік розсіювання* – лінійно витягнута ділянка, де відбувається транспортування забруднюючих речовин у повітря, воду й т. ін.**

**Геохімічний ареал розсіяння** – поле аномальних концентрацій забруднюючих речовин і їх асоціацій, що відбиває вплив на дану конкретну територію джерела забруднення або групи джерел

Це начебто фотографія зони впливу джерела забруднення. Елемент терміна «ареал» підкреслює наявність просторового зв'язку, що надійно фіксується, між аномальним полем і джерелом його утворення.

У геохімії навколишнього середовища *геохімічний потік розсіяння* – це аномалія в природних середовищах, які транс-портують забруднюючі речовини, тобто потік – це те ж середо-вище, але більш динамічне.

За типами геохімічні ареали й потоки бувають (так само як і середовища): *аерогенні* (пов'язані з випаданням з повітряних потоків); *гідрогенні* (пов'язані з випаданням з водних потоків); *біогенні* (обумовленою концентрацією живих організмів); *вейсто-генні* (пов'язані з поширенням відходів, внесених як добрива, засипанням відходами при будівництві); *агrogenні* (пов'язані з особливостями ведення сільського й лісового господарств – внесенням добрив, отрутохімікатів, агротехнічною обробкою ґрунтів).

За спрямованістю зміни хімічного складу навколишнього середовища виділяють аномалії *концентрації й виносу*. Вони ж для біохімічних аномалій бувають *аномаліями надлишку* хімічних елементів; *аномаліями дефіциту* (тобто за станом організму).

Неоекологія запозичила з геохімії навколишнього середовища також наступні поняття: *техногенні геохімічні аномалії й зони забруднення*, відзначаючи, що це не є синоніми.

**Зона забруднення** – це частина (тільки) геохімічної аномалії, у межах якої забруднюючі речовини досягають концентрації, що несприятливо впливає на живі організми.

Існує ціла система показників, за допомогою яких оцінюється вплив забруднень на живі організми (рис. 4.9).

**ГДВ/С (гранично допустимий викид/скид)** – маса (об'єм) забруднюючих речовин, розсіяння яких у природних умовах даного конкретного джерела забруднення з урахуванням рівня загального фонового забруднення й сукупність інших джерел не створює за границею так званої

В основі великої частини оцінок стану природного середо-вища лежать уявлення про наявність складних кореляційних зв'язків між концентрацією забруднюючих речовин у компонентах навколишнього середовища, їх надходження у біоту й поняття *несприятливих біологічних реакцій* живих організмів, що вірогідно фіксуються існуючими методами дослідження.

Однією з характеристик вважається **рівень концентрування** в



*Критичні рівні* – вміст хімічних елементів в організмі, при якому з'являються виражені біохімічні зміни. Існують функціональні порушення й морфологічні відхилення в результаті попадання забруднюючих речовин в організм.

***Санітарно-захисна зона*** – частина загальної зони впливів, у межах якої відбувається розсіювання (розбавлення) концентрацій поллютантів до безпечних рівнів або їх розкладання (нейтралізація) до безпечних сполук.

***Поріг впливу хімічних сполук*** – це такі рівні надходження хімічних сполук (забруднюючої речовини) у живий організм, у межах яких реакція не виходить за варіацію коливань

***ГДК (гранично допустима концентрація)*** – максимальна кількість шкідливої речовини в одиниці об'єму або маси водного, повітряного чи ґрунтового середовища, що практично не впливає

Звичайно мова йде про функціонально-морфологічні зміни.

Останнім часом як ознаку, що найбільше реагує на забруднення середовища, використовують специфічні захисні реакції організму, які виражають його здатність протистояти ушкоджуючим агентам, і визначаються за допомогою добре розроблених прийомів біотестування. Особливий вплив на здоров'я здійснюють *аномалії*.

**Функціональні відхилення** – відхилення від норми в роботі основних систем (імунної, кровоносної, серцево-судинної й т. ін.), зміни в будові організму, у формі, розмірах, кольорах або у ~~мінімальній частоті прояву~~

За ступенем небезпеки забруднення *аномалії* розділені на 4 категорії: 1) *припустимі* – фоновий рівень погано вивчений і обумовлений як вихідний для порівняння зон із низьким рівнем захворюваності й мінімальною частотою прояву функціональних відхилень; 2) *помірно небезпечні* – спостерігається небезпечне збільшення загальної захворюваності; 3) *небезпечні* – підвищується частота хронічних захворювань, функціональних відхилень та ін.; 4) *надзвичайно небезпечні* – спостерігається збільшення порушень репродуктивних функцій та інших віддалених наслідків.

**Еколого-геохімічною нормою умов перебування людини в біосфері є кларкові концентрації.**

Варто розрізняти *прямий* і *віддалений* екологічний вплив.

**Прямий екологічний вплив** позначається на погіршенні якості життя, починаючи з поточного покоління.

**Віддалений екологічний вплив** – позначиться на

Якщо брати для приклада викиди в атмосферу на урбанізованих територіях, то найбільш небезпечний *прямий* вплив.

Стік у водойми й водотоки рівною мірою надає *прямий* і *віддалений* вплив; тверді відходи – переважно *віддалений* вплив.

Серед інших важливих понять неоекології необхідно відзначити наступні.

**Екологічний ресурс** – сукупність середоутворюючих компонентів, що забезпечують типову для певної території екологічну рівновагу в

**Компоненти навколишнього середовища** – структурні одиниці, що включають основні матеріально-енергетичні, природні й природно-антропогенні системи косного, біогенного й біокосного походження й складу, необхідні для

Будь-який антропогенний вплив, що призводить до зміни хімічного складу компонента, є геохімічним. Важливим поняттям-терміном є *коефіцієнт розподілу*. Коефіцієнт розподілу трансформується в *коефіцієнт концентрації* (у випадку збільшення кількості хімічних речовин); або у *коефіцієнт розсіяння* (при зменшенні вмісту хімічних речовин).

**Коефіцієнт розподілу** – це величина відношення середніх вмістів у будь-яких порівнюваних між собою об'єктах (частинах).

Процес завдяки фізичним або хімічним причинам обумовлює зменшення швидкості транспортного потоку. Базовою величиною виступає або вихідний стан до геохімічного перетворення, або аналогічний об'єкт, не порушений даним геохімічним процесом.

**Коефіцієнт розсіяння обумовлений розведенням або осадженням.**

Базовим у цьому випадку є фоновий вміст.

**Фоновий зміст** – основне поняття в неоекології. Це середній зміст хімічних елементів у природних тілах за даними вивчення їх природної варіації (статистичних параметрів розподілу) у межах однорідних у геологічному

Не дивлячись на те, що розділ присвячений поняттям і термінам неоекології, автори визнали необхідним включити до нього загальновживаний і всім відомий термін *класифікація*, бо занадто часто він використовується авторами і буде використовуватися студентами в процесі їх як навчальної, так і науково-практичної діяльності. Це дійсно надзвичайно важливий супроводжуючий термін, саме тому, що класифікація – це альфа і омега будь-якого дослідження і важливість його важко переоцінити, між тим, класифікація забруднювачів, як і будь-яка інша класифікація, є самим складним і важливим процесом пізнання. Ступінь розробки класифікації за окремими компонентами різна за рівнем досконалості. Це ж відноситься й до навколишнього середовища в цілому. Класифікація є одним із прийомів систематизації знань.

Перехід явищ із одного класу в інший або з одного типу в інший є функція часу. Зміна класу більше ймовірна, ніж зміна типу.

*Класифікація*, за Кондаковим Н. І. (1975), (*лат.* classis – розряд, fascio – роблю) – розподіл предметів якого-небудь роду на взаємо-залежні класи відповідно за найбільш істотними ознаками даного роду та за тими, що відрізняють їх від предметів іншого роду. Карл Лінней взяв випадкову несуттєву ознаку, тому його класифікація не має наукового значення. А класифікація Менделєєва Д. здійснена настільки точно, на основі таких істотних ознак, що порожні місця в таблиці були пізніше заповнені.



Правильно складена класифікація, відображає закономірності розвитку об'єктів, що класифікуються, глибоко розкриває

**Класифікація** – це групування об'єктів, що досліджуються, за сукупностями (класами), які розрізняються між собою переважно кількісними ознаками, якісне розходження між сусідніми класами, що спостерігається при цьому, відбиває, як правило, динаміку розвитку

зв'язок між об'єктами дослідження й допомагає дослідникові орієнтуватися в найскладніших ситуаціях, а також є основою для узагальнюючих висновків і прогнозів.

Виходячи з викладеного, важливо критично поставитися до різних класифікацій, які будуть розглянуті в процесі навчання. Бажано виявити творчість. Але все це можливо лише на базі отриманих знань.

#### ***Класифікація речовин, що забруднюють атмосферу.***

За агрегатним станом усі забруднюючі атмосферу речовини (Стадницький Г. В., Родіонов А. І., 1988) поділяються на чотири групи: *тверді, рідкі, газоподібні, змішані*.

***Промислові викиди в атмосферу класифікуються:*** 1) *за організацією відводу й контролю* (організовані й неорганізовані); 2) *за режимом відводу* (безперервні й періодичні); 3) *за температурою* (нагріті й холодні); 4) *за локалізацією* (в основних, допоміжних, підсобних виробництвах); 5) *за ознаками очищення* (що викидають без очищення; що викидають після очищення).

**Очищення газу** – це процес відділення від газу або перетворення на нешкідливий стан забруднюючої речовини, що надходить від промислового

*Промислові викиди* підрозділяють на *первинні* – ті, що безпосередньо надходять до атмосфери від тих або інших джерел, і *вторинні* – утворені від первинних. Вони більш токсичні.

**Організований промисловий викид** – викид, що надходить в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, ходи повітря, труби.

**Неорганізований промисловий викид** – викид, що надходить до атмосфери у вигляді ненаправлених потоків газу в результаті порушення герметичності устаткування, відсутності або незадовільної роботи устаткування

**Класифікація джерел забруднення природних вод.** Основними джерелами забруднення природних вод є (класифікація Стадницького Г. В., Родіонова А. І., 1988):

1) *атмосферні води*, що несуть маси полютантів, що вимиваються з повітря і захоплених водою з поверхні; 2) *міські стічні води* (побутові стоки, що містять фекалії, детергенти й мікро-організми); 3) *промислові стічні води* виробничих і технологічних процесів.

При технологічних процесах з'являються такі основні види стічних вод:

1) реакційні, що утворюються в процесі реакцій з виділенням води; 2) які вміщує сировина і вихідні продукти (вільні і зв'язані); 3) промивні води; 4) водні екстрагенти й абсорбенти; 5) охолоджені, що не

стикаються з технологічними продуктами й використовуються в системах зворотного водопостачання; 6) побутові, води їдалень, пралень, від миття приміщень і т. ін.; 7) атмосферні опади, що стікають з територій промислових підприємств.

Як бачимо, класифікація дуже недосконала, тому що останні дві позиції – це не технологічні процеси і т. ін.

Забруднюються всі водойми, у тому числі й моря. Вважається, що Середземне море – найбрудніше море на Землі.

**Класифікація джерел забруднення ґрунтів.** У процесі забруд-

нення літосфери найбільшому забрудненню піддається її верхній шар – ґрунти.

Джерела забруднення ґрунту: 1) житлові будинки й побутові підприємства; 2) промислові підприємства; 3) теплоенергетика; 4) сільське господарство; 5) транспорт.

Самоочищення ґрунтів практично не відбувається або відбувається дуже повільно. У ґрунтах накопичуються метали, наприклад залізо, ртуть, свинець, мідь та ін.

**Наслідки забруднень** за Стадницьким Г. В., Родіоновим А. І. (1988) (хоча не завжди це можна вважати наслідками) виражаються у такий спосіб:

1) забруднення середовища – це процес небажаних втрат речовини, енергії, праці й засобів, що перетворюються на незворотні відходи і розсіюються у біосфері;

2) незворотне руйнування як окремих екосистем, так і біосфери в цілому;

3) втрата родючих земель, зниження продуктивності екосистем і біосфери в цілому;

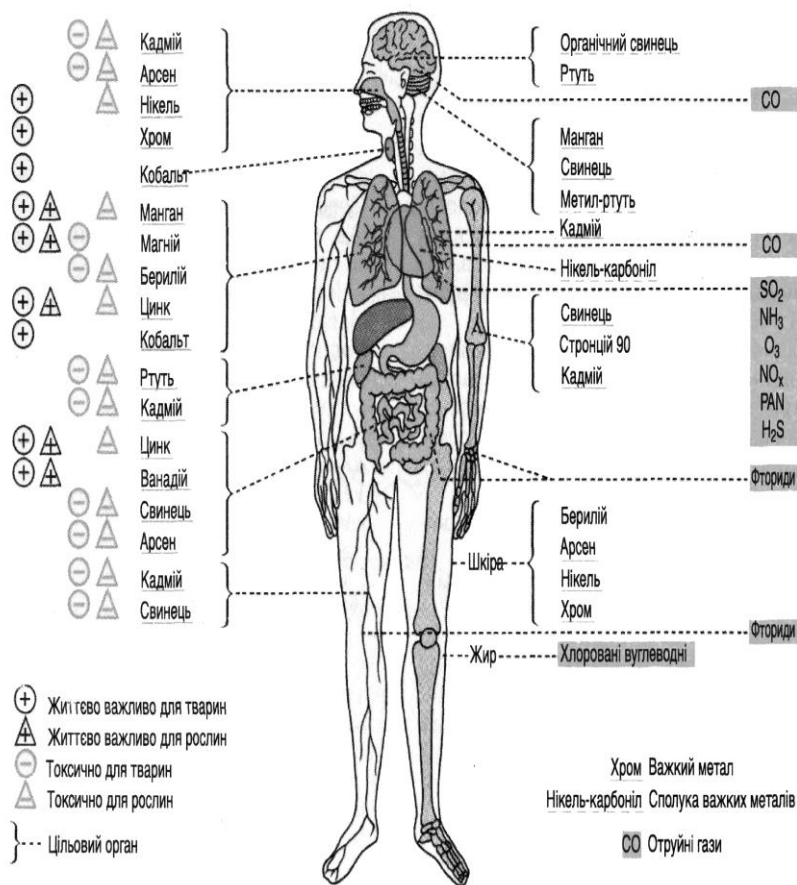
4) погіршення фізичного й морального стану людини як головної виробничої сили суспільства (рис. 4.10);

5) захист навколишнього середовища від забруднення – ключове завдання у загальній проблемі оптимізації природо-користування, збереження якості середовища для теперішнього і майбутнього поколінь.

Забруднення навколишнього середовища визначається на підставі застосування різних методик розрахунку забруднення окремих природних компонентів. Забруднення атмосфери визначається за методикою, що встановлює основні правила розрахунку та застосування комплексного індексу забруднення атмосфери на підставі даних спостереження з врахуванням усієї номенклатури шкідливих речовин, що визначаються.

В основі розрахунку *комплексного індексу забруднення атмосфери* лежать наступні положення.

Небезпека впливу на здоров'я людини окремих шкідливих речовин, що вміщуються в атмосфері, в міру збільшення преви-



**Рис. 4.10** – Шкідливі речовини у повітрі та в тілі людини

**Комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА) застосовується для порівняльної оцінки забруднення окремих районів міста, міст з встановленням їх пріоритетності за рівнем забруднення і тенденцій забруднення, виявлення речовин, які найбільше забруднюють атмосферу.**

щення ГДК, зростає по-різному залежно від класу небезпеки конкретної речовини. Відповідно до цього ступінь забруднення атмосфери однією речовиною виражається в загальному виді через одиничний (парціальний) індекс забруднення:

$$I_i = \left( \frac{gic}{ГДК_{ic}} \right)^{C_i} ;$$

(4.1)

де  $gic$  – середня концентрація речовини;  $ГДК_{ic}$  – середньодобова гранично допустима концентрація речовини;  $C_i$  – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості речовини до шкідливості сірчаного газу.

Середнє значення константи  $C_i$  залежно від класу небезпеки речовини «і» приймається рівним:

Клас небезпеки	1	2	3	4
Значення індексу	1,7	1,3	1,0	0,9

Ступінь забруднення атмосфери декількома речовинами виражається в загальному вигляді через комплексний (сумарний) індекс забруднення  $I_e$ :

$$I_e = \sum_i^m I_i = \sum_i^m \left( \frac{gic}{ГДК_{ic}} \right)^{C_i} , \quad (4.2)$$

де  $I$  – число шкідливих речовин, що враховують у комплексному індексі забруднення атмосфери.

Для оцінки забруднення атмосфери використовується *одиничний і комплексний*  $I_e$  – індекси, що розраховують за даними спостережень одного поста й усіх постів у місті за місяць і рік: 1)  $I_{ij}$  – одиничний індекс забруднення домішкою на посту  $j$ ; 2)  $I_{ej}$  – комплексний індекс забруднення на посту; 3)  $I_{nj}$  – одиничний індекс забруднення домішкою по всім ( $n$ ) постам у місті; 4)  $I_{en}$  – комплексний індекс забруднення по всім ( $n$ ) постам у місті.

Розрахунок одиничних і комплексних індексів забруднення атмосфери за місяць і рік визначається за формулами, в яких використовуються відповідно розглянуті періоди:  $gic\ t$  – середня за місяць концентрація домішки;  $gic\ t$  – середня за рік концен-трація домішки.

Таким чином, для оцінки ступеня забруднення атмосфери використовуються показники, які розраховують за формулами табл. 4.1.

Для порівняння даних забруднення атмосфери декількома речовинами окремих районів міста (міст) *комплексні індекси* забруднення атмосфери повинні бути розраховані для *однакової кількості ( $m$ ) домішок*.

При складанні щорічного списку міст із найбільшим рівнем забруднення атмосфери для розрахунку комплексного індексу  $I_{en}$  використовуються значення одиничних індексів  $I_i$  тих п'яти речовин, у яких ці значення найбільші.

#### Приклад розрахунку $I_{en}$ .

У місті вимірюються концентрації дев'яти шкідливих речовин у повітрі: двоокису азоту, окису азоту, окису вуглецю, пилу, сірчистого газу, бенз(а)пирену, сірководню, свинцю, фенолу, для яких одиничні індекси забруднення  $I_i$ , розраховані за формулою (4.1), дорівнюють відповідно 1,2; 0,4; 0,3; 2,3; 1,5; 2,5; 0,8; 1,9; 2,1.

Для розрахунку комплексного індексу забруднення  $I_e$  використовуються п'ять найбільших значень одиничних індексів забруднення  $I_i$  2,5 – бенз(а)пирен, 2,3 – пил, 2,1 – фенол, комплексний індекс забруднення атмосфери міста  $N$ , визначений

**Таблиця 4.1**

**Показники для оцінки ступеня забруднення атмосфери**

Місце вимірювання	Період	
	Місяць	Рік
Пост	$I_{ij} = \left( \frac{gism}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$ $I_{ej} = \sum_i^m \left( \frac{gism}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$	$I_{ij} = \left( \frac{gict}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$ $I_{ej} = \sum_i^m \left( \frac{gict}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$
Район міста (постів)	$I_{in} = \left( \frac{gicm}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$ $I_{en} = \sum_i^m \left( \frac{gicm}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$	$I_{in} = \left( \frac{gict}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$ $I_{en} = \sum_i^m \left( \frac{gict}{ПДК_{ic}} \right)^{C_i}$

за формулою (4.2), дорівнює:

$$I_e = \sum_i^m I_i = 10,3.$$

**Індекс забруднення води (ІЗВ)** для поверхневих вод проводиться тільки за суворо обмеженою кількістю інгредієнтів. Результати аналізів визначаються за кожним з показників (знаходиться середньоарифметичне значення). Число аналізів для визначення середнього значення повинне бути не менше 4. Якщо в розрахунку середньоарифметичного використовувалися значення, що виходять за межі небезпечного ряду спостережень (у



результаті аварійного скидання забруднюючих речовин), у тексті повинно бути відповідне застереження.

Розрахунок ІЗВ проводиться за формулами:

для поверхневих вод:

$$ІЗВ_{п.в.} = \frac{с/ГДК}{6},$$

де 6 – суворо лімітна кількість показників (інгредієнтів), що використовуються для розрахунку й мають найбільші значення, незалежно від того, перевищують вони ГДК чи ні, включаючи показники розчиненого кисню й БСК<sub>5</sub>;

для морських вод:

$$ІЗВ_{п.в.} = \frac{с/ГДК}{4};$$

де 4 – суворо лімітна кількість показників (інгредієнтів), що використовуються для розрахунку й мають найбільші значення, незалежно від того, перевищують вони ГДК чи ні, включаючи розчинений кисень. Для морських вод розрахунок ІЗВ проводять не за окремими станціями, а за районами контролю.

Для представлення *якості вод у вигляді єдиної оцінки* показники вибираються незалежно від лімітної ознаки шкідливості, при рівності концентрацій перевага віддається речовинам, що мають *токсикологічну ознаку шкідливості*.

Якість вод знижується більш різко за умови, якщо показник біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) є інтегральним показником наявності легкоокисних органічних речовин (ГДК для БСК<sub>5</sub> – 3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), а також зі збільшенням вмісту легкоокисних органічних речовин (змінюю вмісту розчиненого кисню).

**Екологічна оцінка поверхневих вод.** У 1998 р. фахівцями розроблена методика екологічної оцінки вод, що вступила в дію з 1 січня 1999 р. Вона є основою для складання програм спостережень, аналізу даних, характеристики якості

поверхневих вод суши, естуаріїв України, з екологічних позицій і одержання інформації

**Якість вод – характеристика складу й властивостей води, що визначає її придатність для конкретних цілей використання.**

про стан водних об'єктів. Проведена також класифікація якості вод суши як невід'ємної частини екологічної оцінки якості, що є її критеріальною базою.

*«Відмінна» якість вод* – з екологічних позицій – це якість води, що формується у водних об'єктах з «відмінним» екологічним станом і відповідає найвищим екологічним і споживчим кондиціям.

*«Добра» якість води* – з екологічних позицій – це якість води у водному об'єкті за наявності або умовами досягнення «гарного» екологічного стану поверхневих вод.

*Екологічна оцінка якості вод* – віднесення вод до певного класу й категорії відповідно з екологічною класифікацією на основі аналізу та значень показників (критеріїв) її складу й властивостей з наступним їх обчисленням і інтегруванням (ручним або автоматизованим способом).

*Екологічні нормативи якості вод* – науково обґрунтовані кількісні значення показників якості води (гідрофізичних, гідрохімічних речовин), які набувають природного стану водного об'єкту, і цілі водоохоронної діяльності щодо поліпшення або збереження його екологічного благополуччя.

**Екологічне благополуччя водних об'єктів – стан рівноваги екосистем водних об'єктів з нормальною структурою, функціонуванням і відновленням основних компонентів незалежно від впливу антропогенних і природних факторів**

*Класи й категорії якості вод* — рівні якості вод, установлені по інтервалах числових значень, показників їх сполуки й властивостей.

*Критерій* – міра для визначення оцінки об'єкта або явища; якісна або кількісна ознака, взята за основу класифікації.

*Критерій якості вод* – показник складу і властивостей води в його кількісному вираженні у формі значення, якому відповідають певні класи та критерії якості води. Кількісний показник або комплекс таких показників, за якими здійснюється класифікація й оцінка якості вод.

**Екологічні критерії якості – критерії якості вод, за якими вода класифікується й оцінюється як компонент екосистеми з урахуванням умов її нормального функціонування.**

Екологічні критерії якості вод включають кількісні значення елементарних *гідрофізичних, гідохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних і специфічних показників*, а також комплексні кількісні показники, побудовані на *інтегруванні елементарних ознак якості вод*. На основі елементарних і узагальнених критеріїв визначаються *класи, критерії й індекси якості вод, сапробність і трофність*, які відображають стан водних екосистем.

**Сапробність вод** – рівень вмісту у воді органічних речовин, які розкладаються. Може визначатися за характеристиками видового складу й чисельності гідробіонтів-індикаторів сапробності.

*Самозабруднення вод* – погіршення якості вод у результаті функціонування водних екосистем, зокрема в результаті надмірного продукування органічної речовини водяними рослинами (насамперед планктонними водоростями).

*Самоочищення вод* – поліпшення якості вод у результаті трансформації забруднюючих речовин у процесі нормального функціонування водних екосистем.

*Стан поверхневих вод* – характеристики абіотичних і біотичних компонентів води й донних відкладень, які властиві екосистемі певних водних об'єктів.

*Трофність водних об'єктів* – ступінь біологічної продуктивності екосистем водних об'єктів, що визначається вмістом у воді біогенних елементів (насамперед фосфору й азоту) і комплексом гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших факторів.

$BCK_5$  – біохімічне споживання кисню у воді за п'ять діб;

$BCK_1$  – біохімічне споживання кисню у воді за добу;

**Біологічне тестування вод** – визначення якості води по реакціях водних організмів (тест-об'єктів) на вміст у воді отруйних речовин.

**Біологічна індикація сапробності вод** – визначення якості води за наявністю й характеристиками водних організмів – індикаторів сапробності.

$pH$  – показник концентрації іонів водню;

$A/R$  – відношення величини валової первинної продукції фітопланктону до величини деструкції

органічної речовини в планктоні – індекс самозабруднення-самоочищення води.

При проведенні класифікації якості поверхневих вод використовуються *загальні* (сольова сполука, трофосапробність вод) і *специфічні* (вміст у воді забруднюючих речовин) показники.

Екологічна оцінка якості поверхневих вод суши й естуаріїв України повинна обов'язково включати всі три блоки показників: *блок сольової сполуки, блок трофосапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блок показників вмісту й біологічної дії специфічних речовин*. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, що ґрунтується на заключних висновках за трьома блоками. Детальна процедура проведення екологічної оцінки якості вод, її етапи й дії розглядаються у відповідній спеціальній навчальній дисципліні. Тут відзначимо, що значення *екологічного індексу якості води* визначається за формулою:

$$I_E = \frac{\{I_1 + I_2 + I_3\}}{3},$$

де  $I_1$ , – індекс забруднення компонентами сольового складу;  $I_2$  – індекс трофосапробіологічних (еколого-санітарних показників);  $I_3$  – індекс специфічних показників токсичної й радіаційної дії.

**Екологічний стан території.** Малишева Л. Л. (1998) у рамках трьох підходів (ландшафтно-геохімічного, біогеохімічного (екогеохімічного) і медико-географічного) розробила *основні критерії оцінки екологічного стану території за геохімічною групою екологічних факторів*. Це значення фонових кларкових, середніх багаторічних оптимальних показників стану геосистем (компонентів геосистем), гранично допустимих концентрацій елементів у компонентах геосистем. Загальна риса цих критеріїв – визначення параметрів факторів, які обмежують

життєздатність організму й визначають границі його стійкості або популяції до змін навколишнього природного середовища, тобто є параметрами, що лімітують.

Концентрація певного хімічного елемента в ґрунтах (повітрі), що викликає виникнення морфологічних і фізіологічних змін, ендемічних захворювань, занепад розвитку, порушення генеративних функцій, є верхньою (нижньою) границею, після якої починаються незворотні зміни в організмі.

Значення таких граничних концентрацій – критерій оцінки стану територій за біогеохімічними параметрами.

Критерієм даної оцінки можуть бути *еталонні геосистеми*, але це ще невирішена проблема.

**Критерієм оцінки екологічного стану території може бути реакція рослин, не адаптованих до змін геохімічного середовища (які саме на цій підставі використовуються як індикатори екологічного стану середовища)**

Одним із критеріїв оцінки екологічного стану території може бути *потенціал самоочищення геосистем* від забруднюючих речовин, але досі він ще недостатньо відпрацьований. До критеріїв даної оцінки відносять показники здоров'я населення (захворюваності), його рівень і динаміку.

Таким чином, критеріями оцінки екологічного стану територій за *ландшафтно-геохімічним підходом* є показники фонового (кларкового) і граничного вмісту хімічних елементів в абіотичних компонентах геосистем, за *біогеохімічним підходом* – показники граничного вмісту хімічних елементів у навко-лишньому середовищі, які викликають незворотні зміни в типових організмах, за *медико-географічним підходом* – показники граничного вмісту хімічних елементів у навколишньому середовищі,

які позначаються на здоров'ї людини (викликають певні захворювання).

Останнім часом у літературі широко використовується термін «*важкі метали*». Дослідженням важких металів, як широко розповсюдженим поллютантам, присвячені численні роботи, в тому числі і багато робіт авторів. Як правило, до важких металів відносяться метали з атомною масою більше заліза (*Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Sn, Sb, W, Hg, Pb, Bi*), але, наприклад, Реймерс М. Ф. (1990) поширює їх список.

**Важкі метали** – з щільністю більше 8 тис. кг/м<sup>3</sup> (окрім благородних та рідкісних). До важких металів відносяться: *Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg, W, Fe, Au, Mn*. Майже всі важкі метали токсичні.

Надзвичайно небезпечними токсикантами, що не мають природних аналогів, є *діоксини*, які можуть поширюватись усюди в навколишньому середовищі і не мають природних аналогів. До діоксинів – поліхлорованих дибензодіоксинів (ПХДД) належить велика група ароматичних трициклічних сполук, які містять від 1 до 8 атомів хлору.

**Під ОВНС** розуміють виявлення різниці між майбутнім станом навколишнього середовища в районі пропонованої господарської діяльності при здійсненні втручання й при відмові від нього на основі аналізу вихідного стану навколишнього середовища й прогноз її стану при впливі.

Важливим розділом неоекології є «Оцінка впливу на навколишнє середовище» (ОВНС).

ОВНС враховує вплив на: 1) екологічне благополуччя району освоєння; 2) здоров'я й умови життя людини (включаючи культурні, історичні аспекти); 3) соціально-економічний добро-бут населення; інтереси інших природокористувачів.

*Завданням* ОВНС є вибір прийняттого в екологічному аспекті варіанта проекту (плану) галузевої господарської діяльності на основі виявлення можливих негативних екологічних наслідків і оцінки повноти й достатності мір по їх недопущенню (зм'якшенню) до прийняття остаточних проектних рішень.

*Необхідність* ОВНС проектів господарської діяльності як особливого механізму обліку екологічних факторів у процесі проектування обумовлюється тим, що існуючі нормативно встановлені методи оцінки засновані на однофакторному ризику, наприклад, забруднення атмосфери й водних об'єктів, яких недостатньо для оцінки всієї сукупності наслідків (включаючи прямі, непрямі, віддалені й синергетичні) техногенного втручання в природне середовище.

ОВНС *не може бути зведена до розрахункових методів устанавлення допустимих рівнів забруднення й т. ін.* Вона повинна містити елементи дослідницької діяльності, спрямованої на найбільш повне виявлення й облік особливостей фізико-географічних і екологічних зв'язків з метою визначення незворотних та інших наслідків. ОВНС сприяє узгодженню інтересів розвитку галузі й збереження екологічної рівноваги з інтересами інших природокористувачів.

Специфічність завдань вимагає використання певних *методів досліджень і розробки рекомендацій.*

Результати ОВНС розглядаються Державною експертизою, зацікавленими й контролюючими організаціями, широкою громадськістю.



**Учасники ОВНС:** замовник, проектувальник, група оцінки (ті, хто проводить ОВНС), експерт по оцінці (фахівець із оцінки ОВНС, керівник групи оцінки), зацікавлені організації, контролюючі організації, місцеві органи влади, спеціальні зацікавлені групи (природоохоронні організації, професійні суспільства), широка громадськість (населення, преса, наукове суспільство). Вартість ОВНС – договір на в межах 0,1-3 % загальної вартості проекту.

**Процес ОВНС** включає логічно закінчені стадії: 1) ідентифікації впливів; 2) оцінки впливів; 3) інтерпретації результатів оцінки, що відрізняються специфікою вимог до методів їхнього проведення.

ОВНС розглядається як адаптований процес, що поширюється на весь період господарської діяльності. Це передбачається *авторським наглядом*. Розглянемо кожну з вище зазначених стадій.

**Ідентифікація впливу.** Складність початкового етапу, що є визначальним, полягає у необхідності знаходження протиріч, більш повного виявлення впливів об'єкту і їх наслідків з доцільним їх обмеженням до реального рівня. Завдання зводиться до формування інтуїтивної моделі взаємодії й попередньої оцінки впливу. Це значною мірою залежить від компетентності експертів. На стадії ідентифікації доцільно виходити з припущення, що максимальним географічним розповсюдженням характеризуються впливи, викликані аварійною ситуацією. Тому районом ОВНС варто визначати зону, що прилягає до об'єкта в розмірах можливого охоплення аварією.

**Оцінки впливів.** Необхідно спеціально виділити найсильніші впливи, що мають лімітуюче значення, тобто лімітуючі фактори, серед яких можуть бути близькість рекреаційних зон, охоронних і промислових видів тварин і т. ін. Якщо буде встановлено, що ці найсильніші впливи

сягають до *порогової інтенсивності*, реалізацію проекту варто вважати екологічно недоцільною.

Для визначення найбільш *значимих впливів* можуть служити: 1) висновки наукової й періодичної преси контролюючих органів; 2) матеріали й рекомендації інженерно-екологічних досліджень; 3) дані натурних досліджень; 4) думка зацікавлених організацій; 5) звіти про дослідження галузевих і академічних інститутів; 6) матеріали ОВНС, підготовлені закордонними фірмами й урядовими закладами для подібних природних умов.

При аналізі *вихідної інформації* для визначення найбільш *значимих і найсильніших впливів* можуть використатися наступні *методичні підходи або їхні сполучення*: картографічний аналіз; адаптація контрольних списків; складання матриць «вплив-наслідок»; діаграми поширення; оцінка сутності кожного з них.

*Картографічний аналіз* загальновідомий. Варто врахувати складання комп'ютерних карт.

*Адаптація контрольних списків* – перелік типових видів, об'єктів і показників категорій впливу об'єкта. Використання контрольного списку полягає в його застосуванні в конкретних умовах. Наприклад, список може включати:

Види впливів: 1) *гідротехнічне будівництво*; 2) *будівництво об'єктів* (заводів, доріг, автогосподарств, трубопроводів, населених пунктів); 3) *технологічні процеси* (виписка сталі, виробництво пластмас і т. ін.); 4) *підвищення навантаження* на екосистеми внаслідок збільшення присутності в природі (рекреація, полювання, рибальство); 5) *розміщення й переробка відходів* (скидання промислових стічних вод, побутових відходів); 6) *екстремальні ситуації* (пожежі, розливи, вибухи).

Об'єкти й показники категорії впливів: 1) *наземні екосистеми* (вилучення земель, ерозія, термокарст, видове різноманіття, рідкісні й охоронні види, мисливські види); 2)

водні екосистеми (біологічна продуктивність, видове різноманіття, рідкісні й охоронні види, промислові); 3) *якість води* (БПК, розчинений кисень, вуглеводень, токсичні речовини, солоність, мутність, температура, хвороботворна флора); 4) *якість повітря* (окис вуглецю, азоту й сірки, тверді домішки, вуглеводні, запах); 5) *фактори занепокоєння* (шум, перешкоди на шляху міграції); 6) *рекреація* (туризм, організований відпочинок, відпочинок вихідного дня); 7) *естетична значимість* (привабливість природи, якість, унікальні об'єкти); 8) *соціально-демографічні наслідки* (міграція населення, втрата традиційних промислів, зміна доходів населення, забезпечення комунальними послугами й т. ін.).

Наведений перелік є відкритим і може доповнюватися й скорочуватися. Все повинно бути обґрунтовано.

*Матриці «вплив – наслідок».* Наведений вище перелік служить для складання матриці «вплив – наслідок». Будуть виявлені *сприятливі* (+), *нейтральні* (0) та *негативні* (-) параметри й види впливу, що вимагають деталізації.

*Оцінка впливу на навколишнє середовище.* Вироблення інтегральної оцінки еколого-економічної прийнятності альтернативних варіантів є *ітераційним процесом* (лат. *iterasio* – повторення, що дозволяє поступово наблизитися до необхідного результату). В умовах невизначеності більш-менш об'єктивна оцінка може бути отримана тільки шляхом розчленовування сукупного впливу на складові частини, які легше вивчаються й оцінюються.

Синтез інтегральної оцінки представляє окрему методологічну проблему, оскільки результуюча взаємодія процесів у реальній природі не визначається їхньою простою сумою.

На теперішній час відсутні уніфіковані методи оцінки впливу, тим більше що, як показує закордонна практика, він за своїм змістом взагалі важко піддається уніфікації. Це

пов'язано з недостатністю знань про природні процеси, регіональні особливості реакції екосистем на той самий вид впливу, зі зміною суб'єктивних уявлень про значимість тих або інших наслідків реалізації проекту.

ОВНС – дослідницька творча діяльність. Якщо встановлені чіткі функціональні зв'язки між впливами й наслідками, то це завдання багатокритеріальної оптимізації й воно може бути вирішене відомими математичними методами. В умовах невизначеності, коли багатокритеріальність істотна, зростає роль суб'єктивної інформації.

При проведенні ОВНС можуть бути використані такі *методи*: експертні оцінки, матричний аналіз, сполучений аналіз карт, імітаційне моделювання, натурні й лабораторні експерименти.

Зупинимося коротко на кожному з названих методів.

*Метод експертних оцінок.* Значна суб'єктивність у використанні для об'єктів, що незначно впливають на навколишнє середовище.

Заснований на зіставленні експертних оцінок і висновків висококваліфікованих фахівців.

*Матричний аналіз.* Один із найпоширеніших у світовій практиці методів ОВНС. Дозволяє відобразити в одному масиві інформації значення ступеня впливу на різні об'єкти. Показники впливу за можливістю повинні виражатися у співставленні кількісних величин. Це важко.

*Метод сполученого аналізу карт.* У світовій практиці застосовується в основному для оцінки впливу лінійних об'єктів. Цінний тим, що виявляє просторові взаємозв'язки, але кількісна оцінка ускладнена.

*Імітаційне моделювання.* Прогресивний метод, оскільки дозволяє уникнути недоліків, властивих іншим методам. Але досвід застосування невеликий. Може бути корисним застосування моделей окремих видів впливу.

Метод забезпечує можливість одержання результатів по сукупному впливу, що важко визначається іншими методами. Імітаційне моделювання досить корисне при обліку аварійних ситуацій, тому що дозволяє з'ясувати імовірність аварійних ситуацій, імовірну площу впливу та імовірну шкоду залежно від сезону.

*Натурні й лабораторні експерименти* використовуються при недоліку інформації або для уточнення існуючої інформації.

*Інтерпретація результатів оцінки.* Задача цієї стадії ОВНС – вибір способів оцінки й надання результатів у формі, що забезпечує: 1) комплексну оцінку впливу; 2) прийняття екологічно обґрунтованих остаточних проектних рішень; 3) наочність для сторін, що беруть участь у процесі ОВНС.

Для рішення цих завдань у світовій практиці ОВНС застосовуються наступні *способи інтерпретації*: 1) *дисплей* (матриця значень) окремих показників впливів; 2) *ранжування* альтернативних варіантів проекту в межах категорії впливів; 3) *нормалізація й математичне зважування* для одержання агрегованих чисельних показників.

Розглянемо кожний зі способів окремо.

*Дисплей (матриця).* Об'єднання подібних видів впливу для наочності сприйняття. Однак при великому обсязі сприйняття ускладнюється.

*Ранжування.* Дозволяє усунути зазначені недоліки шляхом агрегування впливів в укрупнені блоки на основі осмислення результатів оцінки за єдиною шкалою. Метод дозволяє більш наочно відобразити ОВНС різних варіантів проекту, однак суворий висновок про ступінь впливу можливий лише всередині однієї категорії впливу (горизонтальні ряди), адже не завжди зрозуміла відносна

значимість наслідків. Проте це дозволяє вибрати оптимальний варіант.

*Нормалізація й зважування.* Метод надання чисельних ваг, використовуючи різні способи нормалізації, для шкал оцінки результатів в одиницях, що не зіставляються. Якщо на попередньому етапі частина показників ранжувалася за шкалою, відмінною від обраної при агрегуванні, то досить за допомогою арифметичних перетворень навести значення показників впливів, наприклад, від 1 до 100, для естетичної залежності (яка за прийнятими методами оцінюється за більш розгорнутою великою шкалою) до кроку прийнятої шкали, наприклад, від 0 до 1.

Надання математичних ваг дозволяє за допомогою простих арифметичних перетворень одержати для кожного варіанта проекту чисельний агрегований індекс, що, звичайно, є частиною аналізу. Для надання математичних ваг використовуються складні процедури із застосуванням «ціннісних функцій». Головні чисельні ваги повинні бути аргументовані й обґрунтовані.

Генералізація й усереднення в процесі агрегування може сховати який-небудь одиничний, але дуже істотний вплив, тому це необхідно робити з обережністю.

*Подання результатів оцінки.* ОВНС не є особливим видом діяльності, і її результати використовуються нарівні з іншими у складі проектної документації. Вони можуть бути представлені в такий спосіб:

1) у вигляді висновку про вплив на навколишнє середовище до розділу проекту «Охорона навколишнього середовища» (при невеликому очікуваному впливі);

2) у вигляді заяви про вплив на навколишнє середовище у формі спеціального додатка до розділу «Охорона навколишнього середовища» (при значному очікуваному впливі й великому об'ємі досліджень).

Результати ОВНС можуть надаватися як опис із графічними матеріалами (матрицями, таблицями, графіками, діаграмами).

Висновок про вплив на навколишнє середовище повинен мати наступну структуру: 1) джерела інформації; 2) стисла характеристика природних умов і природних ресурсів; 3) визначення найбільш значимих впливів; 4) оцінка виділених впливів; 5) резюме.

*Заява про вплив на навколишнє середовище* повинна включати: 1) стисле техніко-економічне обґрунтування (включаючи мету й необхідність діяльності); 2) короткий опис варіантів планованої діяльності; 3) опис природних умов і природних ресурсів; 4) визначення найбільш значимих і найсильніших впливів; 5) оцінка виділених впливів; 6) резюме.

При описі природних умов варто обмежитися лише тими елементами, які будуть змінюватися в результаті впливу наміченої діяльності. Резюме в обох випадках повинне містити таку інформацію: 1) наслідки для навколишнього середовища; 2) наслідки для добробуту населення; 3) наслідки для інших видів екологічної діяльності; 4) пробіл у даних і невизначеність; 5) рекомендації до проектування; 6) пропозиції щодо авторського нагляду (моніторингу).

#### **4.3 НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ – АРЕНА ВИНИКНЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ НОВИХ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ**

У частині першій підручника напевно достатньо для майбутнього фахівця-еколога розглянуто навколишнє середовище в максимально можливому широкому розумінні цього поняття, саме в планетарному об'ємі. В другій частині є намір звузити цю арену до «середовища, що оточує

людину», з одного боку, з іншого – акцентувати увагу лише на відносно нових явищах і

Збільшення численності населення		Збільшення захворюння на рак шкіри		Забруднення та використання води	
Еміграція / Імміграція		Деградація озонового шару		Змив добрив з полів	
Розведення худоби в закритих умовах		Виробництво і використання хлорфторвуглеців		Ерозія ґрунтів	
Розкладання гною			Зменшення тваринного світу		
Розведення тварин на фермах		ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ		Деградація земель	
Виробництво біогазу		Знищення тропічних лісів		Накопичення забруднень	
Збереження енергії				Збільшення населення	
				Зміна шляхів виробництва їжі	
Втрата енергетичних ресурсів		Спалювання вугілля з високим вмістом сірки		Забруднення атмосфери	
				Збільшення концентрації атмосферного вуглецю	
Використання не відновлюваних енергетичних джерел		Невдача у збільшенні використання відновлюваних енергетичних джерел		Коливання рівня моря. Міграція біоти	
				Глобальне потеплення	
Перенаселення / втрата корінного населення		Підсічно-вогняне землеробство		Атмосферний метан	
		Вимирання видів		Втрата біорізноманітності	
Втрата потенційних лісів		Деградація лісів		Втрата лісів. Антропогенне вторгнення на території мешкання тварин. Браконьєрство	

**Рис. 4.11** – Екологічно небезпечні явища та процеси



процесах, які є екологічно небезпечними для життєдіяльності всього живого (рис. 4.11). Вираз «відносно нові» вико-ристовується у зв'язку з тим, що певна частина із них, без сумніву, існувала і раніше, але доказів цьому немає, та є і такі, які раніше у середовищі, що оточує людину, не існували.

Серед значної кількості таких явищ і процесів в рамках підручника є можливість зупинитися на 3–4-х, найбільш суттєвих. Автори зупинили свій вибір на *кислотних опадах, смогах, озонових дірках і парниковому ефекті*. Саме ці явища і процеси яскраво характеризують нові проблеми середовища, що оточує людину (надалі для скорочення, будемо користуватися терміном «навколишнє середовище», розуміючи тільки те, що оточує людину).

**Кислотні опади.** Термін «*кислотні дощі*» введено в обіг англійським інженером Р. Сміттом у 1872 р. у праці «Повітря і дощ: початки хімічної кліматології», однак дослідження кислотних дощів почалися лише в 1960-х роках нашого століття. Актуальність проблеми обумовлена її глобальним характером внаслідок того, що *кислотні опади* (дощ, туман, сніг), які утворюються, переносяться повітряними потоками на великі відстані й охоплюють своїм негативним впливом значні території.

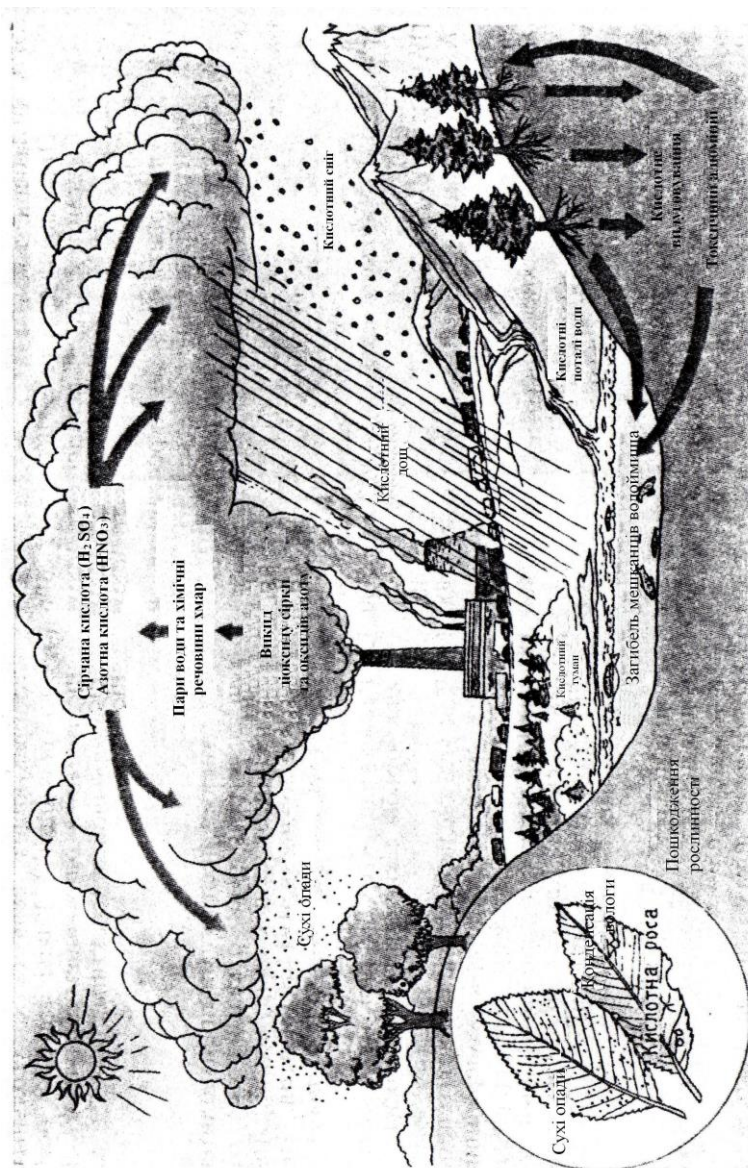
***Кислотний дощ*** – дощ (та сніг), підкислений (число *pH* нижче 5,6) через розчин в атмосферній волозі промислових викидів ( $SO_2$ ,  $NO_x$  і т. ін.)

(Реймерс М. Ф..)

***Емісія*** – надходження в атмосферу не властивих їй за складом різних речовин. Випадання цих речовин з атмосфери називається *депозицією*.

Кислотні дощі утворюються за рахунок як природних, так і антропогенних джерел (рис. 4.12). При цьому атмосферу необхідно розглядати як величезну окислювальну систему з високим

**Рис. 4.12** – Схема формування кислотного опадів



вмістом окислювачів: кисню –  $O_2$ , озону –  $O_3$ , радикалів –  $HO^*$  і  $HO^*$  (радикали – стійка група атомів в молекулі, яка

переходить без змін з одного хімічного з'єднання в інше), іонів і багатьох інших активних реакційно здатних сполук.

Утворення кислотних опадів пов'язане в основному з техногенними викидами в атмосферу  $SO_2$  і  $NO_x$ , але основне значення має надходження  $SO_2$ . Оксиди сірки і азоту поступово реагують з парами води і утворюють кислоти. Величина  $pH$  залежить як від кількості кислот, так і води, в якій вони розчинені (зливові опади звичайно менш кислі). Щороку при спалюванні сіркоутримуючих каустобіолітів (вміст сірки може сягати 5%) в атмосферу надходить близько 150 млн. т  $SO_2$ , який утворює сірчисту кислоту:  $SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3 + 76 \text{ кДж}$ . У забрудненій атмосфері відбувається також реакція:  $SO_2 + NO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_4 + NO$ , що призводить до утворення сірчаної кислоти. Навколо промислових зон атмосферні опади звичайно в 10-1000 раз кисліші за нормальні. Високі труби (до 300 м) були побудовані для зменшення забруднення приземного атмосферного повітря, але це призвело до розсіювання ШР на величезні відстані і перетворення оксидів сірки і азоту на відповідні кислоти на відстанях в сотні кілометрів від джерел їх викиду. Оксиди сірки та азоту, які викидаються в атмосферу, поєднуючись з атмосферною вологою, утворюють сірчану і азотну кислоти, які дисоціюють на іони  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$  та  $H^+$  ( $pH$  для кислотних опадів знаходиться у межах від 5,6–5,5 до 2–1,5). Кислі опади містять у великій кількості іони  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $H^+$ , а також важкі метали.

З природних джерел надходження  $SO_x$  слід виділити вулканічну і геотермальну діяльність. Від виверження в атмосферу щорічно надходить від 3 до 16 млн. сполук, що містять сірку. Виділення  $SO_x$  природним біологічним шляхом може досягати 38-40 млн. т на рік, тобто третина всіх сполук сірки, причому болота дають 12 %, прунт – 30 %, посіви і посадки – 50 %, ліси – 7 %. Існує емісія сірки з

поверхні морів і океанів. З морською водою в атмосферу щорічно потрапляє до 200 млн. т сірки. Але із сірки морського походження сірчані кислотні дощі не утворюються. Сполуки сірки, що надходять зі Світового океану, окисляються до сульфатів, які зберігаються в атмосфері не більше 5 днів.

*Антропогенне надходження сірки* – це, перш за все, згоряння вугілля. Воно дає 70 % всіх антропогенних викидів сірки. Щороку людина в процесі своєї діяльності викидає 60-70 млн. т, тобто у два рази більше, ніж природним шляхом, у тому числі енергетика – близько 60 %, металургія – близько 12 %, коксо-хімія – близько 8 %, хімічна й нафтохімічна промисловість – близько 3 %, інші галузі – близько 17%.

*Стосовно природних джерел надходження  $NO_x$* , що призводять до кислотних опадів, то *основне* його природне джерело – ґрунтова емісія  $NO_x$ . *На другому місці* – грози, що дають 8 млн. т  $NO_x$  на рік. *Третє джерело* – згоряння біомаси (лісові пожежі, горіння саван, торфовищ) близько 12 млн. т на рік.

Серед *антропогенних джерел  $NO_x$*  виділяється насамперед згоряння викопного палива (азот і кисень з'єднуються в результаті високої температури). Від спалювання палива утворюються 12 млн. т оксидів, від двигунів – 8 млн. т. Промисловість викидає значно менше порівняно з енергетикою, опаленням і транспортом – трохи більше 1 млн. т на рік. Ще одне з джерел – *хімічні добрива*. Із ґрунту вони потрапляють у повітря. До того ж обсяги виробництва добрив безупинно зростають. Розрахунки свідчать, що за рахунок добрив в атмосферу надходить близько 10 Мт  $N_2O$ , а це 40% природного надходження, тобто антропогенні джерела дають показники нижче природних.

Крім  $SO_x$  й  $NO_x$  – основи кислотних опадів, подекуди істотну частину їх становлять *хлорид і фторид* водню, утворені від спалювання вугілля, виробництва пропилен-оксиду, фториду водню, металевого алюмінію й фосфорних добрив.

Забруднюючі речовини, що викидаються в атмосферу, можуть бути перенесені за добу, при швидкості вітру 10 м/с, на 864 тис. м від місця його емісії, за дві доби двоокис сірки здатний переміститися на відстань 1,5-2,0 тис. км. У Канаді через кислотні дощі стали мертвими більше 4 тис. озер, а 12 тис. знаходяться у стадії загибелі. У Швеції в 18 тис. озер порушена біологічна рівновага.

На кислотність опадів впливають лужні викиди, які нейтра-лізують їх. Основним джерелом катіонів лужних і лужно-земельних металів є ґрунт (пил з полів). Найпотужніший нейтралізатор  $SO_x$  й  $NO_x$  в атмосфері –  $NH_3$ , що надходить з ґрунту (результат руйнування бактеріями органічних речовин). Іншим джерелом  $NH_3$  є розпад сечі свійських тварин і людини. Останній навіть перевищує в Європі надходження із ґрунту. Оскільки утворення  $NH_3$  залежить від температури й вологості ґрунту, то зона випадання сильних кислотних опадів зміщена убік північних районів Європи, хоча основні джерела емісії  $SO_x$  й  $NO_x$  розташовані південніше. Результат цих змін – пригнічення або загибель рослин. Оподи, що містять сполуки  $NO_x$ , певний час сприяють росту дерев, тому що дають живильні речовини. Далі відбуваються перенасичення й закислення ґрунту. Оскільки розчинність важких металів залежить від  $pH$ , ті, потрапляючи в кисле середовище, розчиняються і як отрута поглинаються рослинами, що веде до їхньої загибелі.

У містах руйнування будівельних об'єктів утрое вище, ніж у сільській місцевості. Швидкість поверхневої ерозії

історичних пам'ятників за період 1718-1980 р. оцінена англійськими вченими в 0,078 мм/рік. Алюміній, розчинений у сильнокислому середовищі, отрутний для ґрунтових організмів, тобто йде перетворення середовища мікроорганізмів. Дослідники вважають, що загибель лісів відбувається в результаті отруєння важкими металами. Наприклад, дуби гинуть через загибель грибка *Mikozzhira*, що є в кореневій системі й перебуває в симбіозному зв'язку з рослиною. Грибок дуже чутливий до кислотності.

У хвойних відбувається омертвіння ділянок кори, загальне зів'янення хвої, яка поступово набуває рудокоричневого кольору і відпадає. Зміни відбуваються і на клітинному рівні, що веде до погіршення обмінних процесів. Під впливом кислотних дощів зникає риба у водоймах. Озера Скандинавії особливо інтенсивно збільшують кислотність, тому що ложе в них гранітне й, відповідно, бідне на породи, які вміщують вапно, тобто немає нейтралізації. Справа в тому, що вапняки забезпечують лужне середовище. У середовищі із  $pH = 4,5$  можуть жити тільки деякі види комах, рослин. Багато організмів гинуть вже при  $pH < 6$ . Вплив на ґрунт, зокрема на швидкість його закислення, різко підвищується в результаті вилуження живильних речовин під дією кислотної *седиментації*. Процес супроводжується переходом нерозчинних сполук алюмінію в розчинні, які беруть участь у заміщенні іонообмінних центрів. Як було відзначено вище, зараз доведена висока токсичність алюмінію для кореневої системи. Алюміній є компонентом глинистих ґрунтів: при середніх значеннях  $pH$  він перебуває в малорозчинних нетоксичних формах. При підвищенні кислотності на одиницю  $pH$  вміст розчинного металу збільшується в 100 разів. Як результат – зниження активності мікроорганізмів. Закислення ґрунтів відбувається за рахунок кислотних дощів і добрив. Наприклад, суперфосфати містять кілька відсотків вільної

сірчаної кислоти, азотисті добрива – багато нітратів і сполуки амонію. Щоб нейтралізувати добрива, необхідно внести протягом року на гектар 300-400 кг карбонату кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ) у рік, в той час як для нейтралізації впливу кислотних опадів досить близько 10 кг  $\text{CaCO}_3$  на гектар. Таким чином, стає очевидним, що головний «шкідник» не опади, а добрива.

Відзначаючи прямий і непрямий вплив кислотних дощів на людей, необхідно підкреслити, що людина, вдихаючи аерозолі носоглоткою, може затримувати їх тільки 25-40 %. У легені потрапляє 20-25 % вихідних часток. Особливо небезпечна кіптява. На її частках збирається велика кількість кислотних газів. Діоксид азоту вражає легеневі тканини.

Взагалі слід відзначити, що дощова вода не є дистильованою. Промиваючи атмосферу, краплі води приєднують мікро-елементи, а крапля дощу (якби не було домішок) має  $pH = 5,6$ , тобто в 25 разів вище, ніж дистильована вода ( $pH = 7$ ). У результаті діяльності людини  $pH$  води опадів у Європі коливається від 4 до 5,6 із середньобагатовіковими значеннями  $pH = 4,5$ .

В останні роки спостерігаються опади із  $pH = 3$ , що означає 400-кратне збільшення концентрації водневих іонів порівняно з точкою нейтралізації ( $pH = 7$ ). Максимально зареєстрована в Західній Європі кислотність опадів  $pH = 2,3$ . Найбільший у світі показник кислотності дощів ( $pH = 2,25$ ) зафіксований у Китаї. У кожному літрі такої води більше кислоти, ніж у звичайному оцті, де  $pH = 2,8$ .

Вплив кислотних дощів на живу й не живу, матерію є прямий і непрямий. *Прямий* – руйнування пам'ятників, будинків, споруджень, закиснення ґрунтів і водойм, вплив на людину, тварин, рослини (навіть опіки). *Непрямий* – впливають не самі опади, а процеси, що протікають під їхнім впливом. Наприклад, змінюється розчинність



окремих, так званих важких металів, які з питною водою можуть потрапити до організму. Інший приклад – зміна характеристики ґрунтів, їхньої біології й хімії.

Захистити екосистеми від змін під впливом кислотних опадів можуть *буфери* – речовини, здатні поглинати іони водню ( $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ), внаслідок чого величина *pH* стає близькою до 7. Однак буферна ємність знижується, що призводить до деградації екосистем.

Для запобігання кислотним опадам і зниження їх негативного впливу необхідно: 1) скорочення викидів кислото-утворюючих речовин (заміною високосірчистого вугілля і мазу-ту на низькосірчисті і без сірки; застосуванням рідких фільтрів, *скрубєрів* – газоподібні продукти згоряння пропускають через розпилений розчин  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{SO}_2$  реагує з ним, утворюючи повторний гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ); створенням альтернативних електростанцій); 2) усунення симптомів впливу кислотних опадів (вапнування ґрунтів і водоймищ тощо).

**Озон в атмосфері.** *Озон* ( $\text{O}_3$ ) – мікродомішок (0,0001%), що входить до складу атмосферного повітря. Це газ синього кольору, в рідкому стані – темно-синій, в твердому – синьо-фіолетовий.  $\text{O}_3$  відкритий в 1840 р. німецьким хіміком Х. Ф. Шенбейном. За його специфічний запах Х. Ф. Шенбейн назвав його «пахнучим» (озон – *грец.* пахнучий).

В ультрафіолетовому спектрі  $\text{O}_3$  має сильну смугу поглинання в інтервалі 0,2-0,3 мкм (200-300 нм) з максимумом при довжині хвилі, рівної 0,255 мкм (смуга Гартлея). Це сильний окислювач металів (за винятком золота і металів платинової групи) і органічних речовин, тому його застосовують для знезараження води, стічних вод. У промисловості використовують для отримання ряду кислот, відбілювачів тканин, мінеральних масел і багато чого іншого.

$O_3$  – алотропна форма (*алотропія* – властивість деяких хімічних елементів існувати у вільному вигляді в декількох видозмінах, різних за фізичними та хімічними властивостями) кисню в атмосфері. Це дуже активний газ, який поводить себе по-різному в різних умовах і середовищах. У стратосфері  $O_3$  багато і він утворює *озоновий шар*, в тропосфері його мало (6-14% всього вмісту в стратосфері). При такій концентрації він сприятливий. Але збільшення кількості *тропосферного  $O_3$* , зокрема в приземному шарі, небезпечно. Він відноситься до надзвичайно небезпечних полютантів (1-ий клас небезпечності), є активним окислювачем, може зашкоджувати тканинам рослин і тварин. Зростання приземних концентрацій  $O_3$  негативно впливає на лісові екосистеми і агроекосистеми, на розвиток фітопланктону, мальків риб, крабів тощо. Він руйнує деякі біологічно важливі молекули, послабляє імунну систему людини, вражає тканини легенів, викликає подразнення очей і т.д. Значні концентрації  $O_3$  0,002-0,2 мг/дм<sup>3</sup> викликають роздратування дихальних шляхів, кашель, блювоту, запаморочення, втомленість. Зменшення щільності озонowego шару призводить до додаткових 0,6-0,8 % підвищення (100-150 тис. випадків щорічно) захворювання на катаракту та 2% підвищення випадків раку шкіри.  $O_3$  руйнує деякі синтетичні матеріали, зокрема гуму тощо.  $O_3$  відноситься до надзвичайно небезпечного класу безпеки ( $ГДК_{\text{мр}} = 0,16 \text{ мг/м}^3$ ,  $ГДК_{\text{сд}} = 0,03 \text{ мг/м}^3$ ). Розчинність  $O_3$  у воді в сім разів вище за  $O_2$ . У кислому середовищі розчинність  $O_3$  падає, в лужній – зростає.

Зрозуміло, що  $O_3$  є не тільки полютантом. Його позитивну роль важко переоцінити хоча б тому, що завдяки  $O_3$  живе на планеті захищене від ультрафіолетового випромінювання (УФВ). До земної поверхні доходить лише УФВ області А

(320-400 нм) і сильно ослаблений УФВ області В (290-320 нм), а УФВ області С (200-290 нм), який активно впливає на ДНК, РНК, білки та руйнує живі клітини, затримується насамперед стратосферним озоном.  $O_3$  використовують також у різних процесах життє-діяльності, наприклад, для поліпшення якості води і т. ін.  $O_3$  дезінфектор; при його диспергуванні у воду відбуваються обидва ці процеси. Крім того, здійснюється збагачення води киснем, пряме і непряме окислення, озоноліз і каталіз.

Саратов І. Е. (1998), Борисова С. В. (2000) узагальнили значну кількість робіт з проблем озону і кислотних дощів, одержані ним дані використані при написанні цього підручника.

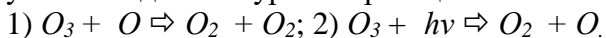
Загальна маса озону в атмосфері Землі складає  $3,3 \cdot 10^9$  т. Це значить, що якщо зібрати весь озон і розташувати його на горизонтальній поверхні Землі, то він покриє її шаром, рівним в середньому для всієї земної атмосфери приблизно 3 мм. Тому загальний вміст озону (ЗВО) вимірюють за допомогою *одиниць Добсона* – (*о.Д.*); 1 *о.Д.* відповідає шару завтовшки в 0,01 мм.

Основна частка  $O_3$  зосереджена в *озоновому шарі*. Пік вмісту  $O_3$  припадає на висоти 20-30 км (іноді виділяють діапазон 15-50 км) над рівнем моря. Нижня границя озонового шару над полюсами на висотах 7-8 км, над екватором на висотах 17-18 км.

Вперше теоретичне пояснення існування озонового шару в атмосфері дав Чепмен С. у 1930 р. Його пояснення стали основою фотохімічної теорії озонового шару. За С. Чепменом  $O_3$  в атмосфері утворюється з молекулярного кисню. По-перше, набувається фото-дисоціація молекули кисню:

$O_2 + h\nu \Rightarrow O + O$ , де  $h$  – постійна Планка,  $\nu$  – частота поглинутого електромагнітного випромінювання.

За участю третього тіла «М», яким можуть бути присутні в атмосфері молекули кисню або азоту, відбуваються дві конкурентні реакції:



Перша реакція домінує на висотах, більших ніж 60 км, а друга – на висотах 30-60 км і вона є основним джерелом  $O_3$  в атмосфері.

Реакції типу  $O_3 + O \rightleftharpoons O_2 + O_2$  та  $O_3 + h\nu \rightleftharpoons O_2 + O$  призводять до руйнування озону. Руйнування  $O_3$  внаслідок фотодисоціації ( $O_3 + h\nu \rightleftharpoons O_2 + O$ ) протікає на всіх висотах, включаючи поверхню Землі. У стані фотохімічної рівноваги  $O$  і  $O_3$  знаходяться у верхній стратосфері і нижній мезосфері.

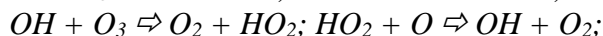
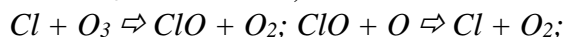
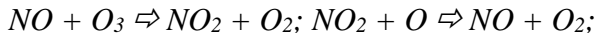
ЗВО велике в полярних широтах північної кулі і поступово, але нерівномірно, спадає до низьких широт. У березні-червні максимум ЗВО спостерігається в полярних широтах. В період з серпня по лютий значення ЗВО відмічені в широтному поясі  $50^\circ$ - $60^\circ$  півн. ш., де середньорічні величини ЗВО досягають 365 о.Д. Розподіл ЗВО в тропічній зоні ( $30^\circ$  півн. ш. –  $30^\circ$  півд. ш.) досить нерівномірний і складає близько 266 о.Д., змінюючись протягом року на 2-7%. У південній півкулі з широти  $25^\circ$ - $30^\circ$  ЗВО зростає до  $60^\circ$  півд. ш. і досягає максимуму у смузі  $50^\circ$ - $60^\circ$ , де його середньорічне значення складає 340 о.Д.

У широтному розподілі виділяють 3 основних типи вертикального розподілу  $O_3$ : 1) *тропічний тип* – озонопауза розміщена дещо вище тропопаузи на висоті 17-19 км, висота максимальної концентрації  $O_3$  – 26 км, середнє значення ЗВО – 260 о.Д.; 2) *розподіл у помірних широтах* – озонопауза розміщена нижче тропопаузи на висоті 10-11 км, висота максимальної концентрації  $O_3$  – 20-22 км, середнє значення ЗВО – 340 о.Д.; 3) *полярний тип* – озонопауза розміщена на висоті 6-7 км (в Антарктиці іноді

до 5 км), висота максимальної концентрації  $O_3$  – 13-18 км (іноді до 20) км.

Руйнування  $O_3$  виникає не тільки по кисневому циклу, але і при реакціях з іншими реакційноздатними газами (сполуками). Частка кисневого циклу руйнування складає лише 17%, а решта припадає на реакції водневого, азотного, хлорного та інших циклів. Крім того, на процеси руйнування  $O_3$  впливають аерозолі (вулканічний попіл, кристалики льоду, морська сіль, оксиди металів тощо); розклад  $O_3$  відбувається при зіткненні з поверхні аерозолів.  $O_3$  активно руйнується на висотах 30-50 км.

Озоновий шар поглинає УФВ в діапазоні 280-320 нм і захищає від них живі організми. Однак у результаті природного розкладу здійснюється процес руйнування  $O_3$  ( $O_3 + O \rightleftharpoons O_2 + O_3$ ) – цикл Чепмена (кисневий цикл). Процес руйнування  $O_3$  прискорюється при наявності сполук азоту, водню, хлору, бромів:



Одна молекула  $NO_x$  руйнує 10 молекул  $O_3$ , один атом бромів –  $n \cdot 10$  молекул  $O_3$ , один атом хлору – 1 млн. молекул  $O_3$  в озоновому шарі.

Вже наголошувалося, що в атмосферу надходять гази, яких раніше не було. Це, перш за все, *хлорфторвуглеці* (ХФВ), *хлорфторвуглеводні* (ХВВ). Збільшився і вміст традиційних газів, наприклад,  $N_2O$ ,  $CH_4$  та ін. Концентрації *озоноруйнуючих речовин* незначні:  $CFCl_2$  – 0,226 млн<sup>-1</sup>,  $CFCl_3$  – 0,392 млн<sup>-1</sup>,  $CH_3CCl_3$  – 0,139 млн<sup>-1</sup> тощо. Однак деякі руйнівники озонового екрана присутні в більш високих концентраціях:  $N_2O$  – 307 млн<sup>-1</sup>,  $CH_4$  – 1638 млн<sup>-1</sup>,  $CO$  – 103 млн<sup>-1</sup>.

Виходячи з існуючої класифікації газів, вони поділяються на три групи: *стійкі* ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $Ar$ ), живуть в атмосфері декілька тисяч років; *нестійкі* ( $CO_2$ ,  $N_2O$ ,  $CH_4$ ,  $O_3$ ,  $ХФВ$ ), що живуть в атмосфері багато років; і *які сильно змінюються* ( $H_2O$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ ,  $SO_2$  і ін.), живуть в атмосфері декілька діб. Значить, другий шлях може пройти тільки молекула  $CH_4$ , яка живе в атмосфері від 1 до 11 років, молекули закису азоту  $N_2O$  – від 7 до 20 років і молекули  $ХФВ$  – від 2 до 500 і більше років.

**Мікрогази** – забруднюючі речовини, що живуть тільки добу при локальних викидах, здатні створити пляму забруднень у декілька квадратних кілометрів і проникнути в

Молекули, які живуть роки, навіть при локальному викиді розповсюджуються по всій тропосфері, тобто мають глобальний характер забруднення і проникають в стратосферу всіма шляхами.

Зміна газового складу приводить до непередбачуваних глобальних екологічних наслідків, зокрема, це утворення озонової дірки над Антарктикою, невеликих дір над Європою, Америкою, Австралією. Нагадаємо, що діра – це не пустота. Повітря там залишається, але вміст озону, звичайно, зменшується.

**Дірка озонова** – значний простір у озоносфері планети з помітно зниженим (до 50 %) вмістом озону. Вперше відмічені у 80-х роках ХХ ст.

Загальна кількість  $O_3$  коливається від 120 до 760 о.Д. при середньому значенні 290 о.Д. Ця кількість різна від сезону до сезону і залежить від широти та сонячної активності. Коливання з періодом в 26 місяців зафіксовані, тобто реально існують. Їх важко узгодити з періодами на

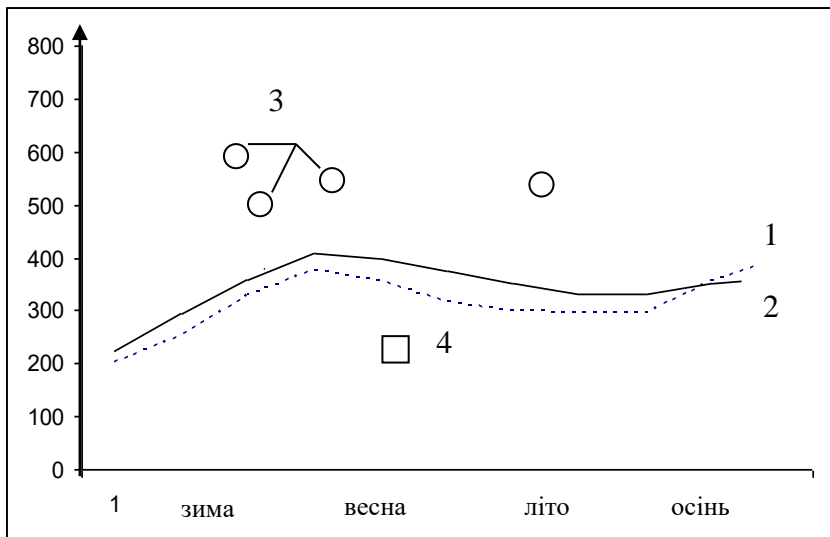
Землі і Сонці. Найближче це узгоджується з квазідворічним (квазі – від лат. нібито, неначе, уявний) коливанням і виявляється, перш за все, у зміні зонального (тобто діючого уздовж паралелі) вітру в екваторіальній атмосфері (2 роки і 2 місяці вітер на екваторі дує із заходу, а потім різко змінюється на східний).

Виявлено, що максимум приурочений до кінця зими – початку весни (лютий–березень), а мінімум – до осені (вересень–жовтень) – рис. 4.13.

Найбільший сезонний контраст спостерігається у високих широтах ( $70-80^{\circ}$  с. ш.), де кількість його коливається від 450 о.Д. (березень) до 280 о.Д. (вересень). Із зменшенням широти амплітуда сезонних коливань падає (на  $40-43^{\circ}$  від 350 DU взимку до 280 о.Д. восени), а на широтах менше  $30^{\circ}$  сезонні зміни практично відсутні (від місяця до місяця не більше ніж на 20 о.Д. І це зрозуміло, оскільки в тропіках сезони відсутні.

Важливо знати «час життя», «час перебування»  $O_3$  в атмосфері від його зародження до загибелі. На висоті 40 км фотохімічний час життя для озону складає приблизно 3 год., тобто це значно швидше за динамічні процеси, які, як правило, тривають одну добу.

На висоті 15 км зовсім по-іншому: тут фотохімічний час життя озону – більше 100 діб, що є довше за динамічні процеси. Динамічні процеси в даному випадку можуть вплинути на озон, а значить, концентрація  $O_3$  відображатиме інтенсивність саме динамічних процесів. Більше того, встановлено, що  $O_3$  при висхідних процесах, підіймаючись вгору, стає «тонким», а значить загальна його кількість буде менше; при низхідних процесах  $O_3$  більше, отже, відбувається і потовщення його шару.



1 – для високих широт; 2 – для середніх широт (30 – 70°);  
 3, 4 – екстремальні спостереження: ○ – у північній півкулі;  
 □ – у південній півкулі

**Рис. 4.13** – Сезонні коливання озону в атмосфері

Таким чином, протягом зими відбувається накопичення (руйнуючий вплив сонячного випромінювання слабкий)  $O_3$ . Якщо вести мову про значення стратосферного  $O_3$ , який розглядається, то слід нагадати, що молекули азоту, яких в атмосфері найбільше, взагалі пасивні і в поглинанні випромінювання практично не беруть участь, тому виходить, що якби не озон, то сонячне випромінювання з довжиною хвилі від 0,2 до 0,32 мкм проникало б крізь атмосферу до поверхні Землі. Коефіцієнт поглинання озону в цій зоні спектра дуже великий і набагато перевершує коефіцієнт поглинання кисню, азоту, аргону.

Жорстке УФВ після проходження озонового шару зменшується в  $10^{17}$  разів. Таким чином, захист триміліметрового шару озону величезний: до поверхні



Землі доходить лише м'яке УФВ. А 1 бер випромінювання (біологічно активного) викликає в організмі більші зміни, ніж рентгенівське і гамма-випромінювання (тому воно біологічно активне). Навіть м'яке УФВ приводить до тимчасової втрати зору в горах і на засніжених рівнинах. Найбільшу небезпеку представляє озон для нуклеїнових кислот (ДНК, РНК), а саме вони, як відомо, відповідають за спадковість.

Еволюція виробила адаптацію до випромінювання більше 0,32 мкм. Суть процесу полягає у тому, що білок поглинає це випромінювання, немов би захищаючи нуклеїнові кислоти. А від випромінювання нижче 0,32 мкм захисту немає, і як наслідки – рак шкіри, гемоліз (руйнування червоних кров'яних тілець), пошкодження імунної системи, порушення сітківки ока (катаракта). Встановлено, що останнє характерне для полярників, тобто кількість таких захворювань росте зі зменшенням широти.

Між тим  $O_3$  стає все менше. *Тренд* (тобто тенденція зміни якого-небудь параметра в часі) *загальної кількості озону змінюється у бік зменшення*. На земній кулі існують станції, де спектро-метром Добсона (точність  $\pm 0,5\%$ ) встановлено, що останні два десятиліття спостерігається зменшення загальної кількості озону в стратосфері. На сучасному етапі моніторингу озону це зменшення склало 2 %. Медики вважають, що зменшення озону навіть на 1% збільшує захворюваність на рак шкіри на 10-20 %.

Звертаючись до головної проблеми – руйнування страто-сферного  $O_3$ , необхідно підкреслити, що домінуюча роль у цьому процесі належить ХФВ. Вони були невідомі до 1930-х років минулого сторіччя і з'явилися у зв'язку з пошуком умов для оптимальної роботи холодильників. Нагадаємо, що перша холодильна машина була побудована в 1834 р. з етиловим ефіром, пізніше стали використовувати метиловий ефір, хлористий етил і багато інших згодом знехтуваних, за винятком аміаку, що діє і зараз.

ХФВ знайшли застосування не тільки в холодильній техніці, але і в аерозольних упаковках дезодорантів, лаків для волосся, лікарських препаратів та ін. Використовуються вони і в енергетиці, в будівництві як тепло-ізолятор, в автобудуванні, суднобудуванні, меблевій промисловості, у транспорті, для виробництва пенополіуретану і т. ін. Ряд ХФВ є універсальними розчинниками для промивки апаратури, електронних плат і інше, для опріснення морської води, для боротьби з пожежами і вибухами (у вогнегасниках). Поставлене питання про фізіоло-гічну і токсичну небезпеку холодильних агрегатів. Для найпо-ширеніших ХФВ встановлені ГДК. Є ХФВ практично не токсичні. Терміни життя ХФВ – десятки і сотні років.

Від природних джерел (океани, вулкани) максимальна кількість хлору надходить у вигляді  $HCl$  – від 0,3 до 10 Мт в рік, від океанів – до 200 Мт. Крім того, природною причиною руйнування озонового шару є емісія  $CH_3Cl$  (продукту життєдіяльності організмів в Світовому океані),  $CH_4$  тощо.

Головною причиною утворення  $O_3$  в нижній тропосфері вважається дія сонячного випромінювання на конкретні полютанти природного й антропогенного походження ( $NO_x$ ,  $CH_4$ ,  $CO$  та ін.). На долю припливу  $O_3$  зі стратосфери припадає лише 30% тропосферного  $O_3$ . Зростання вмісту тропосферного  $O_3$ , зокрема в приземному шарі, є наслідком фотодисоціації  $NO_x$  ( $NO_2 \Rightarrow NO + O + O_2 \Rightarrow O_3$ ). Крім того, в реакціях, що приводять до утворення  $O_3$ , беруть участь гідроксил ( $OH$ ) і пергідроксил ( $HO_2$ ):  $HO_2 + NO \Rightarrow OH + NO_2$ ;  $HO_2 + h\nu \Rightarrow NO + O$ ;  $O + O_2 \Rightarrow O_3 + M$ . Крім утворення  $O_3$  в тропосфері виникає також і руйнування внаслідок реакцій:  $O_3 + h\nu \Rightarrow O + O_2$ ;  $O_3 + HO_2 \Rightarrow OH + 2O_2$ ;  $O_3 + OH \Rightarrow HO_2 + O_2$ .

Розгляд питання руйнування  $O_3$  нерозривно пов'язаний з необхідністю розгляду механізму проникнення

руйнівників і взагалі забруднень в стратосферу. Відомо, що рух повітряних мас у тропосфері здійснюється за рахунок *конvekції* (від *лат. convectio* – принесення, доставка) лише до тропопаузи. Це є *перший шлях* надходження озоноруйнуючих речовин. Подальший рух можливий тільки за рахунок *дифузії* (від *лат. diffusio* – розтікання, розповсюдження). А це повільний, але постійно діючий процес. Отже, проникнення мікрогазів у стратосферу хоча і довгий, але постійний процес.

*Другий шлях* – обхідний. Тропопауза не повторює контурів горизонтальної поверхні Світового океану. Вона над Землею як двосхилий дах: у центрі над екватором потужність тропосфери 18 км, над полюсами – 7 км. Теплі повітряні маси, досягнувши тропопаузи – «даху», спрямовуються уздовж її скату до найвищої точки, розташованої над екватором. Тут найтепліші маси повітря могутньо спрямовуються вгору, проривають тропопаузу і проникають в стратосферу. Але там діють інші закони – температура з висотою не падає, а росте, і сильно охолоджені у високій і холодній екваторіальній тропопаузі повітряні маси по «схилу» тропосферного «даху» спрямовуються до полюсів. Таким чином, забруднювачі середніх широт (там їх найбільше) в тропосфері рухаються до екватора (горизонтальне меридіональне тропосферне перенесення), потім здійснюється «прорив» через високу тропічну тропопаузу (вертикальне перенесення) і, нарешті, повернення в середні широти і потім далі до полюсів вже на стратосферних висотах (знову горизонтальний меридіональний, але вже страто-сферне перенесення).

*Третій шлях* – дуже короткий, максимально прямий і швидкий. Тільки відкритий він не завжди, а епізодично, коли великі купчасті хмари іноді проривають тропопаузу (вертикальне перенесення) і вклинюються на декілька кілометрів в стратосферу. В цьому випадку відбувається

всмоктування деякої кількості тропосферного повітря зі всіма малими домішками в стратосферу.

*Четвертий шлях* – це виверження вулканів. Цей процес інтенсивніший за третій, але відбувається значно рідше. Сюди відносяться і ядерні вибухи, але зараз вони, напевно, вже не актуальні.

*П'ятий шлях* – польоти стратосферної авіації і ракетний вихід в космос, тобто чисто антропогенний. Ракетні двигуни викидають велику кількість відпрацьованих газів, в яких значна частина оксидів азоту і пари води, великі ракети – величезна кількість молекул води.

Таким чином, перший шлях дає нікчемо мале надходження, оскільки закони атмосферної динаміки такі, що перенесення мас повітря через тропопаузу практично не відбувається. Третій, четвертий і п'ятий шляхи – короткі, але малопотужні і мають епізодичний характер, тому їх дія в сумі на порядок менше дії другого шляху. Залишається другий шлях – довгий, але рух в ньому ні на секунду не уривається. Час перельоту молекули з тропосфери на широті Європи на ту ж широту в стратосфері зразковий один-півтора роки. Значить, цей шлях можуть здолати тільки молекули, тривалість життя яких більше року.

Таким чином, *знищення озону здійснюється метаном, закисом азоту і ХФВ*, причому першість за ХФА. Які прогнози? Фахівці з аерономії побудували математичні моделі за різними сценаріями. Більше десяти організацій і наукових колективів у світі займаються цими моделями. Звичайно, результати різні. Проте, об'єднавшись, ряд колективів провів розрахунки за декількома однаковими сценаріями для шести моделей.

Виявилось, що для сценарію, де викид ХФВ був законсервований (тобто не збільшувався) на рівні 1980 р., всі шість моделей дали схожий результат – загальна кількість озону буде зменшуватися, і хоча зменшення

різне, воно коливається в межах 5,3-9,4 %. Це невелика розбіжність.

Для другого сценарію розбіжність більша. Він передбачав рівноважне збільшення хлорвміщуючих речовин в три-п'ять разів більше, ніж зараз. Одна молекула хлору здатна знищити 1 млн. молекул  $O_3$ . Зменшення вмісту  $O_3$  відбувалося в межах 2,9-9,1 % і т. ін. Таким чином, за усіма моделями прогнозується зменшення вмісту  $O_3$ . При цьому визначальну роль виконує хлорний цикл, тобто зростання  $ClO$  в атмосфері в найближче десятиліття впливатиме на темпи зменшення кількості озону. Звідси однозначний висновок – боротися з викидами довго живучих фреонів, замінюючи їх іншими, з терміном життя доба і місяць. При збільшенні викиду фреонів на 3 % за рік  $O_3$  зменшуватиметься на 5-10 %.

Необхідно звернути увагу ще на одну властивість  $O_3$ . Його дії піддаються не тільки люди, але і рослинний світ. І хоча в промислових районах його вміст в 1,5-1,7 рази вищий, ніж у сільськогосподарських, вплив на рослинний покрив достатньо великий. Проникаючи в клітину рослини, озон руйнує хлоро-пласти та інгибує фотосинтез, змінює активність ферментів. Загибель лісів Європи прогресує з 1970-х рр. Як було відзначено в першій частині найбільше пошкоджені ліси Німеччини. Пошкодження спостерігаються й у високогірних лісах Швейцарії, Австрії та Італії. Ушкоджуються ліси і там, де багато ТЕЦ, що працюють на вугіллі. Найменше чутливі до  $O_3$  кедр, сосна, дуб, найбільше – тополя. Таким чином,  $O_3$  сильний ворог лісу. У сільськогосподарських рослин в результаті впливу  $O_3$  пригнічується фотосинтез. Інтенсивність дії залежить від багатьох чинників, проте вологість впливає найбільше. При нестачі вологи рослини малочутливі до  $O_3$  (оскільки сповільнюється дихання), тому полив треба узгоджувати із вмістом  $O_3$ . Найбільш чутлива до озонового забруднення

ся, найменше – сорго. Встановлені відмінності в чутливості до  $O_3$  окремих сортів пшениці.

На завершення, коротка інформація стосовно «максі-дірки» над Антарктидою та про «міні-дірки» над Європою.

У 1985 р. англійський учений Джозеф К. Фарман повідомив про весняне зменшення стратосферного  $O_3$  на 40% порівняно з попередніми роками. Це явище назвали «дірою». Пізніше спостереження підтвердили інші дослідники – з 80-х рр. кожної весни понижений вміст озону спостерігається над Південним полюсом. Площа озонової діри перевищує площу Антарктиди. Так, в 1992 р. розміри діри із змістом озону 200 оД досягли 23 млн. км<sup>2</sup>, тобто в 1,65 рази більше площі Антарктиди. Були і нижчі значення вмісту озону, наприклад, 105 оД, що істотно менше за норму.

Чому виникають дірки? Чому весною? Чому над Антракти-дою? Із цього приводу існує ряд *гіпотез*: антропогенна, метеорологічна, фотохімічна та ін. У кожної свої сильні і слабкі сторони. Однією гіпотезою цього не пояснити. Це сумарна дія всіх чинників.

*Антропогенна.* Виникнення дір обумовлене зростанням промислового виробництва і тим, що всі озоноруйнуючі речовини довгожителі (наприклад, ХФВ існують до 50 тис. років, ХФВВ – до 264 років,  $N_2O$  – до 120 років і т. д.).

*Метеорологічна.* Впродовж всієї антарктичної зими по периметру полярної області в нижній стратосфері існує стійкий циклон. Повітря тут рухається замкнутими траєкторіями навколо Південного полюса. З цієї причини взимку практично не відбувається обміну повітрям між полярною і середньо-широт-ною стратосферою. Повітря сильно охолоджується (-78 °С і навіть -83 °С). При цій температурі утворюються так звані полярні стратосферні хмари. Вологість їх складає 1 %, що в 1000 разів менше, ніж у тропосфері. Хмари бувають трьох видів: з тригідрату

азотної кислоти; водно-льодові, що утворюються при швидкому охолодженні; водно-льодові, що утворюються при повільному охолодженні. Перші є тонкими темно-оранжевими шарами, другі – перламутровими; треті – товщиною в 1 км і більше, а планово – декілька тисяч км. Вони видаляють із стратосфери азот.

*Фотохімічна.* Полярні стратосферні хмари допомагають хлору руйнувати озон. Вони денітрують і дегідрують страто-сферу за допомогою опадів. З настанням весни і появою сонця полярні стратосферні хмари зникають через зростання температури, а ультрафіолетове випромінювання починає руйнувати молекулярний хлор.

Термін «мінідірки» ввели журналісти на протигагу «максі-діркам». Розмір їх від декількох кілометрів до декількох тисяч кілометрів, що менше максі, які охоплюють 20 млн. км<sup>2</sup>. Вони є над Канадою, США, Сибіром, Китаєм, країнами Америки, Африки, Австралії і Нової Зеландії.

Фахівці виділяють три основні причини утворення «міні-дірок»: надмірні викиди поллютантів в густонаселених і господарсько-розвинених регіонах Північної півкулі; винесення збіднених озоном стратосферних повітряних мас за межі «максі-дірки» при весінньо-літньому руйнуванні вихорів над Південним полюсом, польоти транспортної авіації і ракет в стратосфері.

Як їх знаходять? Загальна кількість озону і його концентрація вивчаються з 30-х рр. XX ст. Але станцій спостережень було небагато. Дослідження Фармана Дж. К. сприяли тому, що зараз налічується 120 наземних станцій, а також ракети, літаки, аеростати, кулі, зонди. Добре забезпечена спостереженнями Європа (особливо Західна), менше спостережень над материками середніх широт, ще гірше – над океанами і в Південній півкулі. «Міні-дірки»

небезпечніші для людства, оскільки розташовані над густонаселеними районами. У 1992 р. одна «міні-дірка» була над північною Європою, інша – над Іспанією і Португалією. Рівень їх – 200-300 DU при нормі 400-500 DU. У «дірках» спостерігалася висока концентрація окислу хлору, а значить відбувалося інтенсивне руйнування озону. Механізм їх поширення над Європою проте поки не з'ясований. Нижня стратосфера тут не настільки холодна, щоб могли утворюватися хмари з тринітрату, а тим більше крижані. Що стосується країн Австралії, Нової Зеландії, Південної Америки і Південної Африки, то тут діри утворюються в основному за рахунок руйнування антарктичної «максі-дірки». Ну і, насамкінець, польоти космічних кораблів. У стовпі струменя реактивних газів діаметром 2-4 км повністю ліквідується озон і глибока «міні-дірка» існує від декількох хвилин до 1-2 годин.

Для запобігання деградації озонового шару була прийнята низка міжнародних угод. Монреальський протокол, підписаний 98 країнами у 1987 р. на розвиток Віденської конвенції про охорону озонового шару (1985 р.) передбачав поступове припинення виробництва ХФВ та заборону їх емісії в атмосферу. Ці вимоги посилили подальшими поправками (Лондон, 1990; Копенгаген, 1992). Україна у 1988 р. ратифікувала Монреальський протокол.

**Смоги різних типів.** Існує три типи смогів: 1) *лондонський* (вологий); 2) *лос-анджелеський* (сухий, фотохімічний); 3) *аляс-кінський* (крижаний).

**Смог лондонського типу** – це сполучення газоподібних і твердих домішок з туманом – результат спалювання значної кількості вугілля (або мазуту) при високій вологості повітря. Вперше це явище було зафіксовано в грудні 1952 р. в Лондоні, коли практично над всією Англією протягом декількох днів зберігалася зона високого тиску і безвітря, яка супроводжувалася туманом і



температурної інверсії, тобто сприятливими умовами для забруднення атмосферного повітря. Від високих концентрацій суміші сажі,  $SO_2$  та інших поллютантів згинуло майже 4 тис. чоловік. Наприклад, концентрація  $SO_2$  досягала  $10 \text{ мг/м}^3$ . Смертність різко зростала в перший день (5 грудня 1952 р.), потім вона зменшилася до звичайного рівня. Найбільш уразливі були мешканці старше 50 років, які страждали хворобами легенів і серця, а також діти віком до одного року.

У 1952 р. забруднення від опалювальних систем будинків було в декілька разів більше за викиди від промислових підприємств (розвиток останніх законодавчо гальмувалося). Слід зазначити, що у 1273 р. в Англії був прийнятий закон, який забороняв замість дров використовувати кам'яне вугілля, яке при горінні виділяло багато диму (сажі). Після трагічних подій у грудні 1952 р. у 1956 р. був прийнятий закон про чисте повітря і вже в 1970 р. викиди сажі («винуватець» температурної інверсії) від опалювальних систем будинків зменшилися в 13 разів і 6 разів від промислових об'єктів.

Вважається, що окрім сажі і  $SO_2$  (в поєднанні з низькою температурою і високою вологістю) в склад смогу лондонського типу входять  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$  та інші поллютанти. Смоги такого типу можуть формуватися при поєднанні окремих природних і антропогенних факторів у прибережно-морських районах України.

**Смог лос-анджелеського типу** вперше був зафіксований в Лос-Анджелесі в 1950-1960 рр. Такий смог формується під дією сонячного випромінювання (насамперед, УФВ) при відсутності вітру і низької вологості повітря із компонентів відпрацьованих газів автомобілів, викидів об'єктів теплоенергетики і т. ін. Формуванню смогу сприяють температурні інверсії (обмежують вертикальну міграцію домішок), улоговини,

зокрема оточені горами (зменшують горизонтальне розсіювання поллютантів).

Разом із відпрацьованими газами автомобілів, а також викидами об'єктів теплоенергетики і промислових підприємств в атмосферу надходять *первинні поллютанти* ( $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $C_nH_m$  тощо), які взаємодіють під впливом сонячного випромінювання і в результаті фотохімічних реакцій утворюються *вторинні поллютанти* – типові компоненти фотохімічного смогу ( $O_3$ , ПАН, ПБН,  $H_2O_2$  тощо). Так,  $NO_x$  за участю УФВ з'єднуються з  $C_nH_m$  і утворюють пероксиацетилнітрат (ПАН) і інші фотохімічні окислювачі, наприклад, пероксибензоїлнітрат (ПБН), перекис водню ( $H_2O_2$ ) та інші фотооксиданти. Серед фотооксидантів особливу небезпеку становить озон («хімічна речовина не на своєму місці»). Під дією сонячної енергії  $NO_2$  розпадається на  $NO$  і атом  $O$ , а той, сполучаючись з  $O_2$ , утворює  $O_3$  ( $NO_2 \Rightarrow NO + O + O_2 \Rightarrow O_3$ ). Якщо відсутні інші фактори, то процес буде оборотним ( $O_3 + NO \Rightarrow NO_2 + O_2$ ). Отже,  $NO_2$  зв'язується і відбувається накопичення озону ( $NO_2 \Rightarrow NO + O + O_2 \Rightarrow O_3$ ). Крім того, частка  $O_3$  утворюється при реакціях типу:  $CH_4 + 4O_2 \Rightarrow CH_2O + H_2O + 2O_3$ . Тому викиди  $NO_x$  і  $CH_4$  збільшують концентрацію тропосферного (у т.ч. приземного)  $O_3$ .

Утворення озону як компоненту смогу пов'язане з *освітленістю* – вранці низька концентрація  $O_3$ , а до полудня вона досягає максимуму. Взимку навіть при високій концентрації  $NO_2$  через слабку освітленість швидкість утворення озону невелика. На швидкість генерації  $O_3$  у великій мірі впливає вміст у повітрі  $CO$ ,  $CH_4$ , ЛОС (летючих органічних сполук).

Токсикологічні властивості  $O_3$  розглядались вище. Інші фотооксиданти також негативно впливають на живі організми. Фотооксиданти і  $NO_x$  надають буруватий

відтінок повітря. При конденсації ПАН випадає на землю у вигляді клейкої рідини, згубно діючої на рослинний покрив. У людей відбувається запалення очей, роздратування носоглотки, спазми грудної клітки, сильний кашель, їм важко зосередитися. У районах, де утворюється смог, поширені хронічний бронхіт, емфізема легенів, рак, алергічні захворювання. У Японії до 60% жителів хворіють на хронічний бронхіт. Найвищий рівень озонового забруднення в Південній Каліфорнії (США), мегаполісі (графстві) Лос-Анджелеса, де живе 15-16 млн. чол., а у найближчі роки кількість жителів складе 18 млн. чоловік. Через слабку циркуляцію повітря і рекордну кількість автомобілів у повітрі стоїть світло-коричнева димка з видимістю менше 10 км. Це місце корінні жителі навколишніх гір називали «долиною димів». Викид величезної кількості забруднюючих речовин, слабка продувність, максимум сонячної радіації – все це сприяло тому, що Лос-Анджелес став «чемпіоном» Америки за смогом. Спеціальна служба оповіщає населення про силу смогу, як у нас про магнітні бурі. Щорічний збиток від нього складає 15 млрд. доларів. В Лос-Анджелесі смог спостерігається 200 днів на рік. Те ж спостерігається у деяких великих містах Японії, Китаю, Південної і Центральної Америки. У Європі вплив смогу відчувають деякі великі міста (Афіни, Рим тощо). У містах України – Одесі, Сімферополі, Запоріжжі, Дніпропетровську, Донецьку, Маріуполі і багатьох інших – швидкість фотохімічних реакцій, які призводять до утворення стану, близького до смогу, при рівнях забруднення, що спостерігаються, в два і більше разів перевищує критичну швидкість, при якій утворюється смог (швидкості, що спостерігаються, утворення  $O_3$  – 0,7-0,85 мг/м<sup>3</sup> на годину), тоді як смог виникає при швидкості 0,35 мг/м<sup>3</sup> на годину. Вважається, що при типовому фотохімічному смогу концентрація вторинних поллютантів (насамперед,  $O_3$ , ПАН,

ПБН) має бути більше  $0,21 \text{ мг/м}^3$ , але таких концентрацій у містах колишнього СРСР зафіксовано не було.

**Смог аляскінського типу** (крижаний смог) характерний для північних широт при низькій температурі (мінус  $30^\circ\text{C}$ ), високої вологості повітря і забрудненості повітря. Являє собою суміш шкідливих газів, пилоподібних частинок сажі і кристалів льоду, замерзлих крапель туману і пару опалювальних систем.

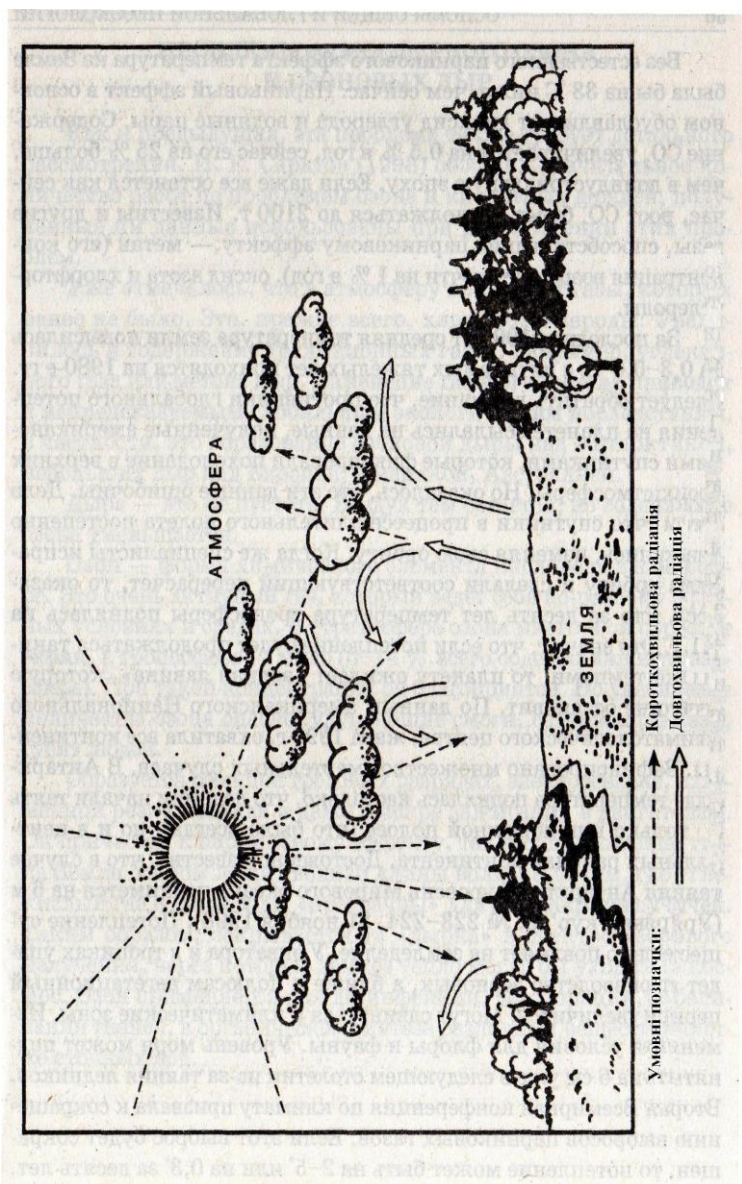
**Парниковий ефект.** Відносно парникового ефекту, то його механізм добре висвітлений у багатьох літературних джерелах. Нагадаємо лише, що головний механізм його утворення є в тому, що атмосфера не пропускає довгохвильову радіацію (випромінювання) від Сонця, а пропускає лише певну частку коротко-хвильового випромінювання. Та ж атмосфера не випускає (не пропускає) довгохвильову радіацію від Землі (рис. 4.14). Таким чином і створюються умови для парникового ефекту. Безпосередньо формується парниковий ефект завдяки діоксину вуглецю і водяній парі.

Відомо, що парник нагрівається на сонці, оскільки світлова енергія, яка проникає углиб крізь скло, поглинається і перетворюється на теплову (інфрачервоне випромінювання, менше за  $1 \text{ мкм}$ ), що не проходить крізь скло. Поверхня Землі та атмосфера поглинають значну кількість випромінювання Сонця в діапазоні коротких хвиль, що призводить до їх нагрівання; одночасно вони випромінюють еквівалентну кількість енергії в діапазоні довгих хвиль (інфрачервоне теплове випромінювання) в космічний простір, тобто система знаходиться у стані радіаційної рівноваги. Температура земної поверхні залежить значною мірою від вмісту в атмосфері парів  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та інших газів, які легко пропускають випромінювання Сонця і досить ефективно відбивають інфрачервоні хвилі назад на поверхню Землі. Це явище називають *природним*

*парниковим ефектом.* Якщо б не цей ефект, то середня температура земної поверхні не перевищувала б мінус 6-18°C, реально ж на даний момент вона досягає +15°C.

Пари  $H_2O$  відіграють значну роль у формуванні парникового

**Рис. 4.14** – Парниковий ефект



ефекту. При конденсації утворюються хмари, які відображають сонячне випромінювання та перешкоджають

нагріву земної поверхні, але антропогенну складову кругообігу води зазвичай не враховують на відміну від інших парникових газів.

Згідно з матеріалами Кіотського протоколу (1997 р.), основними *парниковими газами* (ПГ) є:

1)  $CO_2$  – частка від суми ПГ на 1990 р. – 81,2%; джерела  $CO_2$  – спалювання органічного палива, вирубка лісів; час перебування в атмосфері 100 років;

2)  $CH_4$  – частка від суми ПГ – 13,7%; джерела  $CH_4$  – рисові плантації, витік при видобутку, транспортуванні та використанні вуглеводневої сировини, тваринницькі комплекси, звалище твердих побутових відходів, каналізаційні стоки; час перебування в атмосфері 9-15 років;

3)  $N_2O$  – частка від суми ПГ – 4%; джерела  $N_2O$  – виробництво і використання мінеральних добрив, спалювання викопного органічного палива (підтримує горіння), розорювання земель ( $N_2O$  утворюється в ґрунтах під впливом нітрифікуючих бактерій) і т. ін.; час перебування в атмосфері 120 років;

4)  $ХФВ$  – частка від суми ПГ – 0,29%; джерела  $ХФВ$  – використання в якості охолоджувачів, основи для аерозолів тощо; час перебування в атмосфері 2,6-50 тис. років;

5)  $ХФВВ$  – частка від суми ПГ – незначна; джерела  $ХФВВ$  – використання в якості замінників  $ХФВ$ ; час перебування в атмосфері 264 роки;

6)  $SF_6$  (гексафторид сірки) – частка від суми ПГ – незначна; джерела  $SF_6$  – виробництво електроніки ізолюючих матеріалів; час перебування в атмосфері 3200 років.

*Потенціал глобального потепління* характеризує «розігрі-ваючий вплив» молекули ПГ відносно молекули  $CO_2$ , яка приймається за 1. Для  $CH_4 = 21$ ,  $N_2O = 310$ ,  $ХФВ = 6500-9200$ ,  $ХФВВ = 1300$ ,  $SF_6 = 23900$ . Концентрації

природних та антропогенних *парникових газів* впливають на клімат.

*Основні джерела та поглиначі парникових газів* (Іваненко Н. П. та ін., 1997): видобуток, транспортування та спалювання палива; промислові неенергетичні процеси; сільське господарство та рільництво; лісове господарство та землеко-ристування; тверді побутові відходи, комунально-побутові та промислові стоки.

Забруднення атмосфери ПГ призводить до негативних наслідків в планетарному масштабі. Змінюється енергетичний баланс планети в зв'язку зі зміною альbedo через забруднення атмосфери, збільшується відбита *сонячна радіація* від частинок пилу в атмосфері і зменшується відбиття від запилених льодовиків, що спричиняє їх танення. Щороку в оточуючому природному середовищі розсіюється  $14,2 \cdot 10^{16}$  кДж тепла від спалювання палива, що веде до підвищення температури планети. Промислові викиди складають близько 5 млрд. т/рік; з них 50% залишаються в атмосфері, а інша частина поглинається у процесі фотосинтезу і Світовим океаном.

В останні роки відбувається глобальне підвищення температури атмосфери у зв'язку з постійним зростанням вмісту  $CO_2$ . Коли два століття тому почалася промислова революція, вміст  $CO_2$  був оцінений у 0,028%. У 1959 р., коли почалися регулярні вимірювання, рівень  $CO_2$  був 0,032% (13% за два століття), а у 1988 р. сягнув 0,037% (17% всього за 39 років). У середині ХХІ ст. концентрація  $CO_2$  може подвоїтись. Середня температура поверхні Землі також зросла; у 1969-1971 рр. вона була 13,99°C, а у 1996-1998 рр. – 14,43°C. Подвоєння вмісту  $CO_2$  може привести до підвищення середньої температури на 1,5-4,5°C (за іншими даними при концентрації  $CO_2$  0,06% середня річна температура в північній півкулі підвищиться на 4-5°C, а рівень Світового океану підніметься на 5-7 м. Підйом рівня



Світового океану викличе серйозні негативні наслідки (затоплення, підйом дзеркала ґрунтових вод, погіршення якості природних вод, зміна умов в агроєкосистемах тощо). Математичне моделювання дозволяє прогнозувати, що середня температура на планеті зросте на 2-4°C; у помірних широтах сягне 10-15°C, в Арктиці 15-20°C. Наприклад, у Львові середня температура січня з -5°C збільшиться до +5°C - +10°C, а липня з +18°C до 28-33°C. Лише кількість кислотних опадів буде складати 100-200 мм на рік. Глобальне потепління призведе до швидкого танення покривних льодовиків Арктики і Антарктиди і при зменшенні їх об'ємів на 50% рівень Світового океану підніметься на 25-35 м. Це може призвести до екологічних наслідків, які значною мірою ускладнять існування людства.

Середня температура за останні 10 років в Україні збільшилася на 0,3-0,4 °C, в той час як за останні 100 років – на 0,7 °C. Підвищення температури на 1,0 °C викличе зсув природних зон на 160 км, а при 3,0 °C – на 480 км.

Рамкова Конвенція ООН про зміну клімату наголошує на тому, що невідкладним заходом по запобіганню негативним наслідкам очікуваних змін клімату є розробка глобальної стратегії реагування, зокрема спільний пошук шляхів «стабілізації концентрації ПГ в атмосфері на такому рівні, який не допускатиме шкідливого антропогенного впливу на кліматичну систему». На початку грудня 1997 р. у японському місті Кіото відбулася третя сесія Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, яка стала визначною міжнародною подією. У Конференції брали участь 2200 офіційних делегатів та кілька тисяч представників недержавних організацій і засобів масової інформації. Українська делегація також брала участь у Конференції. Результатом напружених дискусій, що відбулися в ході роботи Конференції, було досягнення згоди

щодо прийняття протоколу, згідно з яким промислово розвинуті країни мають знизити загальні викиди ПГ принаймні на 5% порівняно з рівнями викидів 1990 р. протягом періоду дії зобов'язань з 2008 по 2012 рік. Загальне зниження викидів буде досягнуто шляхом диференційованого їх зменшення у різних країнах. Наприклад, на 8% – у багатьох країнах Європи, на 7 – у США, на 6% – у Канаді, Угорщині, Японії, Польщі. Україна, Росія, Нова Зеландія мають стабілізувати викиди на рівні 1990 р., а Норвегія може їх збільшити на 1%, Австралія – на 8%, Ісландія – на 10%. Протокол передбачає запровадження ряду механізмів, що сприятимуть досягненню кінцевої мети Конвенції – забезпечити дотримання їх кількісних зобов'язань щодо обмеження та скорочення викидів ПГ. Це, зокрема, реалізація проектів спільного виконання зобов'язань, запровадження «механізму чистого розвитку», встановлення міжнародного режиму торгівлі квотами на викиди. Деталі щодо реальної дії цих механізмів ще мають бути розроблені та узгоджені.

Викиди всіх ПГ були перераховані в еквівалентний викид вуглецю з урахуванням коефіцієнтів глобального парникового потенціалу. Сумарний викид ПГ у вуглецевому еквіваленті станом на 1990 р. становив 232,88 млн. т. Визначено, що Україна займала у цьому році шосте місце в світі (після США, Китаю, Росії, Німеччини, Японії) по загальних викидах ПГ та п'яте місце по викидах на душу населення, що значною мірою пояснюється успадкованою від колишнього СРСР деформованою структурою економіки і неефективністю енергетичних та індустріальних технологій. Попередні розрахунки показали, що викиди ПГ у 1994–1996 рр. складали до 70% від викидів 1990 р. Це пояснюється загальним падінням рівня виробництва та споживання промислової продукції в державі. Розрахунки викидів ПГ на перспективу до 2008-

2012 рр. мають ґрунтуватися на прогнозах економічного розвитку на той самий період. Без таких прогнозів, зокрема для паливно-енергетичного комплексу, на який припадає лєвова частка викидів, неможливо скласти точний прогноз майбутніх викидів парникових газів. За базовим сценарієм розвитку економіки України рівень викидів ПГ у 2000 р. з урахуванням збільшення поглинання  $CO_2$  лісами становитиме 73,7% від рівня викидів 1990 р., а у 2015 р. – приблизно 80,9% (Руденко Л. Г. та ін., 2004).

Країни, які підписали Кіотський протокол, зобов'язались до 2012 р. зменшити на 5,2% викиди ЗР. За базовий рівень беруться обсяги викидів за 1990 р. У 1990 р. викиди ПГ в Україні склали 867,1 млн. т  $CO_2$ -еквівалента (спалювання органічного палива – 76,4%, енергетика – 15,1%, сільське господарство – 5,4%, промислові процеси – 3,7%), а депонування за рахунок лісних ЕС – 5,9%. На  $CO_2$  припадало 74,2%,  $CH_4$  – 22,6%,  $N_2O$  – 3,2%.

Україна ратифікувала Кіотську угоду у 4.02.2004 р. і сьогодні має приблизно вдвічі менші викиди ПГ в атмосферу. Україна має значний потенціал впровадження засобів ринкових механізмів у першому періоді дії Кіотського протоколу. За п'ять років дії Кіотського протоколу Україна може отримати приблизно 8,5 млрд. доларів США в якості компенсації та плати продаж надлишків квот на ПГ (Руденко Л. Г. та ін., 2004).

Серед науковців ще не закінчились суперечки, якою мірою на зміну клімату впливає збільшення викидів ПГ. В історії планети бували і льодовикові періоди, і періоди значного потепління задовго до того, як людська діяльність стала такою масштабною, як нині. Але очевидно, що нинішнє спалювання людством значних кількостей нафти, газу, вугілля впливає на клімат все більше.

За прогнозами ВООЗ, до 2050 р. в таких містах, як Нью-Йорк, літня смертність, пов'язана з кліматичними змінами, може різко зрости.

За останні 100 років середня температура Землі підвищилася на 0,3-0,6 °C, а п'ять найважчих років припадають на 1980-ті рр.

Національне Аерокосмічне Агентство США (NASA) опублікувало результати дослідження, відповідно до якого температура на частині території США, над якою пролягають найжвавіші маршрути польотів реактивної авіації, виявилася значно вищою, ніж на ділянках території, над якими реактивні літаки взагалі не пролітають чи пролітають рідко.

Причиною цього феномену вважається особливий вид хмар, що утворюється внаслідок впливу інверсійного сліду літака. Ці хмари сприяють появі так званого парникового ефекту. У рамках цього дослідження NASA проаналізувала дані за період з 1975 по 1994 рік.

Слід звернути увагу, що супротивники глобального потеплення на планеті посилалися на дані, одержані американськими супутниками, які фіксували похолодання у верхніх шарах атмосфери. Але виявилось, що ці дані помилкові. Річ у тому, що супутники в процесі тривалого польоту поступово знижувалися, змінюючи свою орбіту. Коли ж фахівці виправили орбіту і зробили відповідний перерахунок, то виявилось, що за десять років температура тропосфери піднялася на 0,12°. Це означає, що якщо потепління продовжуватиметься такими ж темпами, то на планету чекає «водна лавина», яку ніщо не зупинить. За даними американського Національного кліматологічного центру, спека 1998 р. охопила всі континенти. Зафіксована безліч смертельних випадків. У Антарктиді температура піднялася настільки, що льодовики почали танути не тільки в прибережній смузі (що було завжди), але і в

центральных районах континенту. Вічна арктична крига, на котру, зазвичай, не впливає сезон літнього танення й тому вона зберігається цілий рік, за дванадцять місяців 2004-2005 рр. зменшилася аж на 14%. Вічної мерзлоти поменшало на 720 тис. км<sup>2</sup>, тобто лише за рік розтанула ділянка, яка за розмірами дорівнює площі Туреччини. Достовірно відомо, що у разі танення Антарктиди рівень Світового океану підніметься на 6 м. Потепління істотно вплине на землеробство. У екватора і в тропіках знизиться виробництво зернових, а ближче до полюсів вегетаційний період збільшиться. Можуть переміститися і кліматичні зони. Зміняться умови для флори і фауни. Рівень моря може піднятися на 6 см вже в наступному сторіччі через танення льодовиків.

Друга Всесвітня конференція по клімату призвала до скорочення викидів ПГ. Якщо цей викид буде скорочений, то потепління може бути на 2-5°C або на 0,3°C за десять років.

У грудні 2009 р. на кліматичному саміті ООН у Копенгагені, в якому брали участь представники 194 держав, було вирішено стримувати середньорічну температуру на Землі на рівні +2°C порівняно з доіндустріальною епохою. На боротьбу з глобальним потеплінням у країнах, що розвиваються, які самі не здатні зменшити викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу, держави-учасники саміту в найближчі три роки мають намір виділити близько 30 млрд. доларів; з них близько 3,6 млрд. будуть виділені з бюджету США, 11 млрд. дасть Японія і 10,6 мільярда – ЄС.

#### **4.4. ОСНОВНІ ЕКОЛОГІЧНІ ЗАКОНИ, ЗАКОНОМІРНОСТІ, ПРАВИЛА І ПРИНЦИПИ**

Основна мета цього розділу – створення фундаментальної бази шляхом освоєння основних законів,

закономірностей, правил і принципів, існуючих в екології, для виявлення і глибоко наукового розуміння сучасного функціонування і змін в антропосфері під впливом життєдіяльності.

Основна проблема розділу полягає у визначенні шляхів переходу від результатів *конкретних спостережень, експериментів до законів, закономірностей* і т. ін. Чисельність законів, закономірностей та ін. обумовлена, окрім об'єктивних причин, нерідким їх повторенням під різними назвами, тому потрібен аналіз, і його необхідно здійснити самостійно. Проблема полягає також в розмежуванні *окремих і загальних закономірностей*. Від цього залежить точність ухвалення рішення, здійсненість прогнозу і т. ін. Надзвичайно важливою є проблема обопільного обліку окремих і загальних закономірностей.

Всі системи проходять однакові стадії розвитку (виникнення, становлення, зрілість і перетворення), тому украй важливе знання *законів диференціації та інтеграції просторового розширення і кількісного зростання, стадійності, ритмічності розвитку* і т. ін. Особлива проблема – дія законів, закономірностей при створенні людиною нових систем. Тут важливо пам'ятати, що при цьому неминуче змінюються існуючі системи, і значення цих змін може бути непередбачуваним. Таким чином, ніякі закони і закономірності не є абсолютними. Наведені закони, закономірності та інше не вичерпують всієї різноманітності реальності, звідси конструктивний пошук, збагачення новими відкриттями, новими уявленнями.

Відкриття законів і закономірностей матеріального світу – найважливіша задача не тільки екології і неоекології, але й науки в цілому. Це один зі ступенів пізнання людиною єдності і зв'язку, взаємозалежності і цілісності світового процесу, зокрема біосфери й антропосфери.

**Закономірності** – особлива група відносин, що визначають розвиток і функціонування об'єктивного матеріального світу. Це необхідні, стійкі й істотні відносини.

Іноді їх іменують законами, засадами, правилами.

Окремих законів існує багато. Для того, щоб розібратися в них, необхідно дати визначення даного поняття.

**Закон** – це внутрішній і необхідний, загальний і істотний зв'язок предметів і явищ об'єктивної дійсності: міцне, те, що завжди залишається, повторюється, не так часто змінюється, ідентичне в одиниці

(Копляков Н. І.)

Закони мислення відображають закони матеріального буття. Пізнати закон – це значить розкрити ту або іншу сторону суті досліджуваних предмета чи явища.

**Закони бувають загальні і окремі.** *Загальні закони* розвитку, руху, властиві природі, суспільству і мисленню, вивчаються діалектичним матеріалізмом; *окремі, специфічні закони* – галузевими науками. Без розуміння загальних законів важко зрозуміти *окремі закони*.

Дуже коротко, на рівні інформації і створення базової основи, зупинимося на *логічних законах*. Вони є відображенням в людському мозку об'єктивної закономірності, існуючої зовні і незалежно від свідомості природи. Логічні закони – вторинні, похідні.

**Науці відомі чотири логічні закони.** Арістотель відкрив три з них: *закон тотожності, закон суперечності, закон виключення третього*. Через декілька століть Лейбніц Г. відкрив четвертий закон – *закон достатньої підстави*.

Якщо в тому або іншому міркуванні не дотриматися одного з цих законів, то неможливо правильно побудувати думку, прийти в результаті міркування до вірного висновку.

Тепер звернемося до **законів природи**. Це поняття підручник логіки Троїцького М. М. (1866) визначає так: **загальні реальні пропозиції, в яких виражена встановлена постійність відносин або зв'язку між фактами**. Але індуктивне знання законів природи, тобто перехід від окремих спостережень, експериментів до загального, не дивлячись на успіхи наук, залишається обмеженим. Щоб подолати цю обмеженість, доводиться вдаватися до *інших методів, гіпотез, методів приблизних узагальнень і аналогій*.

Що таке гіпотеза?

**Гіпотеза** – пропозиція, зроблена за браком знань законів природи з метою дедукції з нього слідств, узгоджених з реальними фактами, здатними **сповжити** **йому** **показом**

**Приблизні узагальнення** – це пропозиції, що містять твердження або заперечення щодо більшості **випадків відомаго класу**

**Аналогія** – висновок про яку-небудь властивість речі за схожістю її з декількома властивостями іншої речі, коли між тими і цими властивостями невідомий жоден зв'язок, ні причинності, ні

Основні риси **закономірності** (як і закону) такі:

1) **об'єктивність** (відносини виявляються незалежно від волі і свідомості людей);



2) *необхідність* (наявність причинно-наслідкових зв'язків, детермінація одних явищ іншими. В результаті *причина і наслідок* часто міняються місцями);

3) *обов'язковість прояву* (якщо зберігаються необхідні для закономірності умови, інакше кажучи, закономірності історичні: зникають умови – зникає закономірність);

4) *деякі закономірності*, що відповідають якості істотності (важливості для науки або практики), іменують *законами*;

5) *автономність законів і закономірностей*, тобто відносна незалежність їх один від одного. Жоден закон не відмінняє інший.

Важливо пам'ятати про необхідність точного формулювання змісту закону. Боротьба за точність і конструктивність формулювань законів, як і понять, є вельми актуальною.

Дослідники відзначають точність, «фундаментальність» формулювань законів і розпливчатість формулювань закономірностей.

На основі пізнання закономірностей розробляються принципи, кожний з яких повинен відображати об'єктивні сторони. Енгельс Ф. відзначав: «Принцип – не початковий пункт дослідження, а його завершальний результат. не природа і людство погодяться з принципами, а навпаки, принципи вірні лише остільки, оскільки вони відповідають природі й історії».

Ймовірно, формулювання принципу повинне включати і конструктивну частину – вказувати шлях його реалізації.

На закінчення наведемо визначення «принципу» за логічним словником-довідником Кондакова Н. І. (1975).

**Принцип** (лат. *principium*) – основоположна першооснова, основне положення, початковий пункт, передумова якої-небудь теорії, концепції.

**Гіпотеза Геї.** Уперше нашу планету як живий організм став сприймати Вернадський В. І., який зазначав, що геологічні (геохімічні) і біологічні процеси на планеті розвиваються спільно, допомагаючи один одному. Геохімічні процеси прямо або непрямо контролюють функціонування живих організмів. Його думка різко відрізнялася від уявлень Дарвіна Ч., згідно з якими геохімічні процеси створюють середовище, в якому *живі організми* з'являються, пристосовуються до нього і розвиваються.

Загальновідомо, що абіотичні фактори контролюють діяльність організмів, але і самі організми в свою чергу впливають на абіотичне середовище і контролюють його розвиток, тому що між біотопом і біоценозом відбувається обмін речовинами та енергією. Організми, віддаючи до абіотичного середовища нові сполуки та енергію, постійно змінюють фізико-хімічну природу неорганічних речовин. На підтвердження цього можна навести наступні приклади: 1) склад морської води і донних відкладів значною мірою визначається активністю морських організмів (так, сульфатредукуючі бактерії перетворюють сульфати на сульфіди); 2) рослини, які ростуть на піщаній дюні, утворюють в ній ґрунти, абсолютно відмінні від початкового піщаного субстрату; 3) коралові поліпи і водорості будують з простої сировини, що постачається морем, рифи і створюють умови для нормального функціонування різноманітних гідробіонтів; 4) кисень і нітрати, що містяться в морській воді, утворені внаслідок життєдіяльності організмів і значною мірою контролюються нею; 5) аміак, що виділяється ґрунтовими мікроорганізмами, підтримує в ґрунтах величину *pH*, сприятливу для життєдіяльності різноманітних мікроорганізмів; без цього величина *pH* була б різко кислою (Одум Ю., 1986).

Увесь хід розвитку біосфери говорить про те, що організми, особливо мікроорганізми, разом з абіотичним середовищем створюють складну систему регулювання, підтримуючи на Землі умови, сприятливі для життя, а на певній стадії розвитку БС організми почали і продовжують контролювати склад атмосфери. Розповсюдження біологічного контролю на глобальний рівень стало основою *гіпотези Геї* (Гея – давньогрецька богиня Землі).

Англійський хімік-фізик Джеймс Лавлок (James Lovelock) і американський мікробіолог Линн Маргуліс (Lynn Margulis) у ряді статей і книг в 1973-1979 рр. висловили думку про те, що біологічна і геохімічна складові пов'язані як симбіоз в атмо-сферних процесах, що підтримують земний клімат у відносно стійкому стані, який сприяє постійному розквіту життя. На їх думку, склад атмосфери з її унікально високим вмістом  $O_2$  і низьким вмістом  $CO_2$ , а також температурні умови і середовище кислотності на земній поверхні не можна пояснити, якщо не враховувати, що основну роль відіграла буферна (пом'якшу-вальна) активність ранніх форм життя (3 млрд. років тому). Вона координувалася активністю рослин і мікроорганізмів, яка згладжувала коливання фізико-хімічних чинників. Дж. Лавлок і Л. Маргуліс показали, що температура поверхні планети ніколи не змінюється більш ніж на декілька градусів від її середньої величини. Ця величина залишається у вузькому температурному діапазоні, хоч, як вважають астрономи, з часу зародження біосфери сонячна радіація зросла на 30-50%. Дж. Лавлок розглядає повітря як «...складову частину самого життя, зроблену живими істотами для підтримки життя». Згідно з гіпотезою Геї, внаслідок взаємодії між біологічними і геохімічними процесами підтримується постійна кількість  $O_2$  ( $\approx 21\%$ ) в атмосфері.

Відомо, що зростання  $O_2$  на 1% підвищує імовірність пожеж на 60%, а при збільшенні на 4% вся планета буде охоплена напалмом і знищена вся жива речовина. Потрібно зазначити, що  $O_2$  і  $CO_2$  циклічно взаємодіють. Незважаючи на зміну сонячної активності, числа і різноманітності живих організмів, вміст  $O_2$  зберігається всередині дуже вузького діапазону. По Дж. Лавлоку, це пов'язано з тим, що надлишок  $O_2$  «гаситься»  $CH_4$  у процесі реакції:  $CH_4 + 2 O_2 = CO_2 + 2H_2O$ . Таким чином, протягом року 1 млрд. т  $CH_4$  «гасить» 2 млрд. т

$O_2$ . При цьому необхідно зазначити, що крім природних процесів, джерелом надходження  $CH_4$  є й антропогенні джерела.

Процеси фотосинтезу підтримують баланс між такими важливими компонентами, як  $O_2$  та  $CO_2$ . Тільки завдяки цим процесам у геологічному минулому (2 млрд. років тому) став можливим не лише істотно кисневий склад атмосфери Землі, але й такий важливий фактор існування біосистем, як озоносфера, що захищає від згубного впливу ультрафіолетових променів живі організми.

Одум Ю. (1986) наводить таблицю порівняльного складу атмосфери і температурних умов на Марсі, Венері, Землі, що доводить, що найімовірніше саме організми виконували основну роль в розвитку і регуляції геохімічного середовища, сприятливого для них. Регулююча система («Гея») робить Землю складною, але єдиною кібернетичною системою. Все це вельми гіпотетично, проте, поки що не знайдена реальна мережа системи контролю, хоча більшість визнає сильний біологічний вплив на атмосферу. Людина інтенсивніше, ніж інші організми, намагається змінити фізичні умови середовища для задоволення своїх потреб, не помічаючи, що «рубає сук, на якому сидить». Величезні міста – всього лише паразити в біосфері, якщо розглядати їх, виходячи з потреб людини в ресурсах життєзабезпечення, тобто в повітрі, воді, пальному і їжі. Чим більшими та комфортнішими стають міста, тим більше їм потрібне ресурсів і тим більшу шкоду вони наносять своєму «господарю» – природному середовищу.

Уявлення про те, що у результаті чисто випадкової взаємодії фізичних сил на Землі виникла сприятлива для підтримки життя атмосфера, невірні. Імовірніше за все, організми відіграли основну роль у розвитку і регуляції геохімічного середовища.

Людина намагається змінити фізичні абіотичні умови середовища задля задоволення своїх потреб, не помічаючи того, що шкодить сама собі. Знищуючи біотичні компоненти, фізіологічно необхідні для існування, порушує глобальну рівновагу. Оскільки людина належить до гетеротрофів (фаготрофів), які перебувають на вершині складних трофічних (харчових) зв'язків, вона залежить від природного середовища, незважаючи на науково-технічні досягнення. Гіпотеза Геї вказує на важливість вивчення і збереження регулюючих механізмів, які дозволяють БС пристосуватися, щонайменше, до деякої кількості не зосереджених у одній точці забруднень, наприклад, забруднення  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ , «теплом» і т.д. (Одум Ю., 1986). Знижуючи рівень забруднення, людина повинна зберігати цілісність і масштабність буферної системи життєзабезпечення, тобто підтримувати функцію біологічного контролю стану довкілля.

Таким чином, *суть гіпотези Геї*, можна сказати, що *це біоло-гічна регуляція геохімічного середовища*. Але усвідомити це можна за умови знань першого і другого законів термодинаміки.

**Перший закон термодинаміки**, або закон збереження енергії, свідчить, що енергія може переходити з однієї форми в іншу, але вона не зникає і не створюється наново.

**Другий закон термодинаміки**, або **закон ентропії**, формулюється по-різному, зокрема: процеси, пов'язані з перетворенням енергії, можуть відбуватися мимоволі тільки за умови, якщо енергія переходить з концентрованої форми в розпорошену (деградує). Наприклад, тепло гарячого предмету мимоволі прагне розсіятися в холоднішому середовищі. Другий закон термодинаміки можна сформулювати і так: оскільки деяка частина енергії завжди розсіюється у вигляді недоступної для використання теплової енергії, ефективність

мимовільного перетворення кінетичної енергії (наприклад, світла) на потенційну (наприклад, енергію хімічних з'єднань протоплазми) завжди менше 100 %.

**Ентропія (грец. *entropie* – поворот, перетворення) – міра кількості зв'язаної енергії, яка стає недоступною для використання. Цей термін використовується як міра вимірювання впопалкованості, яка відбувається при легпалації**

Найважливіша термодинамічна особливість організмів, екосистем і біосфери в цілому – здатність створювати і підтримувати високий ступінь внутрішньої впорядкованості, тобто стан з низькою ентропією. Низька ентропія досягається постійним і ефективним розсіянням легко використовуваної енергії (наприклад, енергії світла або їжі) і перетворенням її на енергію використання (наприклад, в теплову). Впорядкованість підтримується за рахунок дихання всього співтовариства, яке постійно відкачує з себе неврегульованість, тому екосистеми – термодинамічні системи, що постійно обмінюються з навколишнім середовищем енергією і речовиною, зменшуючи цим ентропію усередині себе, але збільшуючи ентропію зовні, відповідно до законів термодинаміки.

**Закон біогенної міграції атомів (В. І. Вернадського).** Міграція хімічних елементів в біосфері відбувається за безпо-середньою участю живої речовини (біогенна міграція) або за її непрямою участю. Це положення Перельман О. І. запропонував іменувати *законом Вернадського*. Жива речовина або бере участь у біохімічних процесах безпосередньо, або створює відповідне збагачене киснем, вуглецем, воднем, азотом, фосфором і іншими речовинами середовище. Закон має велике теоретичне і практичне значення. Розуміння всіх хімічних процесів неможливе без урахування дії біогенних

чинників, зокрема еволюційних. Зараз людина впливає на функціонування всього. Негативний вплив його стає глобальним, некерованим (опустелення, деградація, вимирання). Цей закон дозволяє «свідомо й активно попереджувати розвиток негативних явищ, керувати біохімічними процесами, використовуючи м'які екологічні методи».

**Закон константності Вернадського** – кількість живої речовини за певний геологічний час існування біосфери є величиною постійною. Цей закон тісно пов'язаний із законом внутрішньої рівноваги. За законом константності будь-яка зміна кількості живої речовини в одному з регіонів біосфери неминуче призводить до таких же за обсягом змін речовини в іншому регіоні, але з протилежним знаком. Наслідком дії закону є правило обов'язкового заповнення екологічних ніш.

**Закон генетичної різноманітності.** Все живе генетично різниться і має стійку тенденцію до збільшення біологічної різноманітності. Це важливо у сфері біотехнології (генна інженерія, біопрепарати), адже завдяки цьому закону завжди можна передбачати результат нововведень під час вирощування нових мікрокультур через виникаючі мутації або розпо-всюдження дії на ті види організмів, на які вони були розраховані.

**Закон кореляції** (сформульований Кювье Ж.). В організмі, як у цілісній системі, всі частини відповідають одна одній як за будовою, так і за функціями. Зміни в одній частині неминуче викликають зміни в інших.

**Закон максимізації енергії** (сформульований Одумом Ю. і доповнений Реймерсом М. Ф.). У змаганні систем зберігається та, яка найбільше сприяє надходженню енергії і інформації, використовує максимальну їх кількість і найбільш ефективно. Максимізація – це підвищення шансів на виживання. За цим законом система створює сховища

(накопичувачі) високоякісної енергії, яка повинна: забезпечити надходження нової енергії; нормальний кругообіг; стійкість системи і її здатність пристосовуватися до змін; налагодження обміну з іншими системами; створює механізм регулювання, підтримки.

**Закон максимуму біогенної енергії** (закон В. І. Вернадського – Е. С. Бауера). Будь-яка біологічна і «біонедосконала» система з біотою, яка перебуває в стані «стійкої нерівноваги» (динамічно рухомої рівноваги з навколишнім середовищем), збільшує, розвиваючись, свій вплив на середовище. За Вернадським В. І., виживають ті, які збільшують біогенну геохімічну енергію. На думку Бауера, всі живі системи ніколи не бувають у стані рівноваги і виконують за рахунок своєї вільної енергії корисну роботу проти рівноваги, якої вимагають закони фізики і хімії за існуючих зовнішніх умов. Цей закон є основою для розробки стратегії природокористування.

**Закон мінімуму** (сформульований Лібіхом Ю.). Стійкість організму визначається найслабкішою ланкою в ланцюзі його екологічних потреб. При задоволенні мінімуму кількості і якості екологічних чинників організм виживає, якщо мінімуму немає, то система руйнується, тому завжди потрібно шукати найслабкішу ланку.

**Закон необмеженості прогресу.** Визначається необмеженим розвитком від простого до складного в межах біологічної форми руху матерії. Суть закону полягає у тому, що все живе в своєму вічному безперервному і абсолютному русі прагне до відносної незалежності від умов середовища проживання. Але при цьому ніщо не може звільнитися від цього середовища.

**Закон односторонності потоку енергії.** Енергія, яку одержує екосистема і яка засвоюється продуцентами, розпорошується або з біомасою назавжди передається консументам I, II і III порядків, а потім редуцентам. На



кожному трофічному рівні відбуваються великі втрати (приблизно 0,25-0,5% початковій енергії повертається в зворотний потік). Саме тому термін «кругообіг енергії» є достатньо умовним.

**Закон оптимальності.** Згідно із законом оптимальності, з найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких характерних для неї просторово-часових межах, тобто ніяка система не може звужуватись або розширюватись до нескінченності. Розмір системи повинен відповідати функціям, що виконуються нею («характерний» розмір системи). Жоден організм не може перевищувати певні розміри, які забезпечують підтримку його енергетики. Розміри залежать від умов живлення і чинників існування. У природокористуванні – це розміри ділянок полів, тварин і рослин, що вирощуються. Недотримання закону призводить до неприродної одноманітності на великих територіях (*монокультурність*), викликає порушення функціонування екосистем, екологічні кризи.

**Закон піраміди енергії** (сформульований Ліндеманом Р.). З одного трофічного рівня екологічної піраміди на інший переходить в основному не більш 10 % енергії. Цей закон – основа планування забезпечення населення продовольчими та іншими ресурсами.

**Закон рівнозначності умов життя.** Всі необхідні для життя природні умови середовища виконують рівнозначні ролі. З цього витікає інший закон – *закон сумісної дії екологічних чинників*, який часто ігнорується.

**Закон толерантності (закон Шелфорда).** Лімітуючим чинником процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум екологічного впливу, діапазон між якими визначає ступінь стійкості (толерантності) організму до даного чинника. За цим законом будь-яка надмірна кількість речовини або енергії в екосистемі стає її ворогом,

забруднювачем.

**Закон фізико-хімічної єдності живої речовини** (Вернадського В. І.). Все живе на Землі має єдину фізико-хімічну природу, бо шкідливе для однієї живої речовини шкідливо і для іншої, але різною мірою. Тут виявляється стійкість видів до дії того або іншого агента. Стійкість до фізико-хімічної дії, швидкість відбору за стійкістю популяції до шкідливого агента прямо пропорційна швидкості розмноження організму і чергування поколінь. Це означає, що тривале вживання пести-цидів недоцільне, оскільки шкідники швидко пристосовуються і виникає необхідність збільшувати дозу.

**Закон екологічної кореляції.** В екосистемі, як і в будь-якій іншій, всі види живої речовини й абіотичні екологічні компоненти функціонально відповідають один одному. Випадання однієї частини системи неминуче призводить до виключення іншої частини і до функціональних змін.

Таким чином, за останні 30-40 років *неоекологія* стала багатогранною комплексною наукою, *головною метою якої є розробка наукових основ порятунку людства і середовища його існування – біосфери планети, раціонального природокористування й охорони природи.* Зараз, коли екологічним вихованням охоплені всі маси населення на планеті, знання законів екології допоможе людству знайти правильні шляхи до виходу з екологічної кризи, дозволить зважено, обдумати далеку перспективу.

*Усе сказане свідчить про те, що одні з наведених вище законів є типовими для традиційної (геккелівської) екології і слугують фундаментом для неоекології, інші, поза сумнівом, є неоекологічними і, нарешті, треті актуальні і для традиційної екології, і для неоекології.*

**Правила** в загальному вигляді можна трактувати як емпіричні наслідки з різних екологічних законів.

**Еколого-термодинамічне правило Одума Ю.** сформульоване в 1967 р. Автор спирався на концепції Лотки А. (1925) і Шредінгера Е. (1945) щодо взаємостосунків між термодинамікою і екологією — в будь-якій складній системі реально існуючого світу першорядну вагу має підтримка процесів, що йдуть проти температурного градієнта (за Дедю І. І., 1990).

**Правило 10 %** витікає із закону Ліндемана Р., або закону піраміди енергій.

**Правило 1 %** — зміна енергії природних систем в межах 1 % виводить природні системи з рівноважного (квазістаціонарного) стану. Коли відбувається перехід величини сумарної енергії за 1 % енергії сонячного випромінювання, це призводить до істотних змін — різких кліматичних аномалій (потужним циклонам, виверженням вулканів і т. ін.), змін в характері рослинності, великих пожеж і т. ін.

**Принцип спрямованості еволюції** (принцип Онсагера Л.) витікає із закону мінімальної дисипації (розпорошення) енергії та інших еволюційних теорем екології. Еволюція завжди направлена на зниження розсіювання енергії, на її нерівномірний розподіл. Цей принцип серед інших принципів екології і природокористування служить для розшифровки закону оптимальності.

**Принцип катастрофічного поштовху** проголошує, що різкі зміни середовища спочатку ведуть до зниження різноманітності, а потім до вибуху формоутворення.

**Принцип сукцесіонного заміщення.** Біотичні співтовариства формують закономірний ряд екосистеми, що веде до найстійкішої в даних умовах природної системи. Це наслідки систематичного закону.

**Принцип Реді** — живе походить тільки від живого, між живою і неживою речовиною існує непереборна межа.

Принцип був наново сформульований Вернадським В. І. в 1924 р.

#### **4.5 ОСНОВНІ НЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УКРАЇНИ І СВІТУ**

З метою узгодження неоекологічних проблем України зі світовими проблемами, доцільно розглянути їх у відповідності до переліку першочергових проблем ООН, сформульованих виконавчим директором Толбі М. К. до міжнародної конференції в Ріо-де-Жанейро. Цей перелік наступний: 1) проблеми народонаселення і здоров'я; 2) проблеми життя і харчування; 3) проблеми води; 4) проблеми повітря; 5) проблеми землекористування і лісів; 6) проблеми промисловості, енергетики і відходів; 7) проблеми транспорту і туризму; 8) проблеми повеней, бурнів, засух, антропогенних аварій; проблеми війни і миру; 9) проблеми озону і зміни клімату; 10) проблеми кислотних дощів та ін.

**Проблеми народонаселення і здоров'я.** Різке демографічне зростання – характерна риса ХХ сторіччя, названого епохою *демографічного вибуху*. Якщо на початку ХХ століття чисельність населення Землі складала 1,5 млрд. чоловік, то в 1950 р. – 2,5 млрд. чоловік, у 1992 р. – 5,4 млрд. чоловік, а потім щороку кількість населення зростала на 70-100 млн. чоловік і наприкінці 1999 р. перевищила 6,0 млрд. чоловік. Між 1950 і 2000 роками населення світу збільшилося від 2,5 млрд. до 6,1 млрд.

Зараз населення земної кулі щосекунди збільшується на три людини, тобто на 90 млн. в рік. У останньому десятилітті ХХ століття очікувався найвищий рівень приросту за всю історію. Передбачалося, що чисельність населення сягне 7 млрд. Після цього приріст сповільниться

і стабілізується на рівні 10,5 млрд. чоловік. За даними ООН, темпи приросту вже знижуються.

Усі країни в своїх програмах підкреслюють необхідність підвищення добробуту народу. Найважливішими складовими цієї проблеми є здоров'я і матеріальна забезпеченість. Таким чином, соціальні проблеми переплітаються з екологічними. Трагічний результат бідності – дитяча смертність. З кожних десяти дітей один-два вмирають. Зараз 10 млн. дітей недоїдають і ще 200 млн. мають неповноцінне харчування.

Мільярд найбагатших людей споживають більшу частину природних ресурсів і дають левову частку відходів. Проте люди зараз живуть довше, ніж будь-коли. Глобальна тривалість життя зросла з 56,7 року в 1970-1975 рр. до 61,5 року в 1985-1990 рр., в середньому 71 дитина з 1000 вмирає у віці до 5 років, а 20 років тому вмирали 94. Майже половину смертей в країнах, що розвиваються, викликають інфекції, які значною мірою є результатом неблагополуччя в екологічній ситуації.

У 1990 р. XX ст. 57,4 % людей мешкали в селах, на фермах і житлах пастухів. Тепер в країнах, що розвиваються, щорічно в міста переселяються більше 80 млн. чоловік. Виникла проблема впоратися з напливом людей у міста. У країнах, що розвиваються, в одній кімнаті живе в середньому 2,4 люди. У 244 млн. чоловік (18 % міського населення) немає доброякісної води.

Передбачалося, що в країнах, які розвиваються, площа міст з 1980 р. XX ст. до кінця століття збільшиться майже в два рази і більше – з 8 млн. до 17 млн. га. На одного мешканця планети клаптик оброблюваної землі знизиться з 0,23 га в 2000 до 0,15 га до 2010 р.

Останні прогнози показують, що населення має зрости до 2050 р. на 2,8 млрд. і скласти 8,9 млрд. чоловік. Основні причини демографічного зростання – це систематичне

скоро-чення смертності і зростання тривалості життя за рахунок покращення умов життя, медичної допомоги і т.д. Швидке зростання чисельності населення Землі, а в деяких регіонах і перенаселення, призводить до збільшення антропогенних навантажень на природні системи, зокрема на агроєкосистеми.

**Проблеми життя і харчування.** Виробництво продуктів харчування в цілому в світі збільшується, але зростає повільніше за населення Землі, тобто не відповідає вимогам демографічного зростання. Якщо казати про всю продуктивність землі, то у наш час вдається «зняти» з агроєкосистем не більше 60-70% їх потенційних можливостей (урожайність в США – 73-78%, в Австрії – 68-73%, в Швеції – 70-75%, в Польщі – 69-74%, в Росії – 40-60%), тобто в умовах підвищення родючості ґрунтів за рахунок її кращого використання вони здатні утримувати 10 і більше мільярдів чоловік. Для того, щоб прогодувати населення планети, яке в 1999 р. перевищило 6-ти мільярдний рубіж, необхідно на існуючих площах агроєкосистем подвоїти виробництво продуктів харчування. Теоретично по співвідношенню між рекордними і середніми урожаєми ряду основних сільськогосподарських культур можна припускати, що виробництво їх може бути збільшено в 3-4 рази: кукурудза – 3,9, пшениця – 7,0, соя – 3,9, картопля – 3,5, рис – 5,8, цукровий буряк – 2,4. Природно, що такий приріст можливий за умови врожайних сортів рослинних культур, вмілої обробки ґрунтів, правильного використання добрив та пестицидів і т.д. З цього можна зробити оптимістичний прогноз щодо можливого збільшення чисельності населення Землі на основі інтенсивного землеробства й тваринництва.

Слід зазначити, що значне зростання світового виробництва зернових культур у третій чверті XX сторіччя

(в останні роки в Індії і Китаї) базувалось на значній витраті енергії, селекції, прогресивних формах агротехніки, широкому застосуванні мінеральних добрив, тому так звана *«зелена революція»* не дала істотних результатів у багатьох країнах, що розвиваються і не мають таких можливостей. «Зелена революція» призвела лише до тимчасових позитивних результатів, не знявши проблеми продовольства у світі. Екстенсивний шлях за рахунок розширення площ земель, які культивуються, припускає лише подвоєння населення земної кулі і може призвести до небажаних екологічних наслідків. Так, намір розширити сільськогоспо-дарські угіддя за рахунок розчищення тропічних лісів р. Амазонки може призвести до лиха глобальних масштабів, оскільки будуть уражені «легені планети», у той час як ґрунти цих районів малородючі і їх постійна культивация неможлива. Розширення орних земель за рахунок опанування пустельних та напівпустельних територій економічно ж недоцільне.

Неважко зазначити, що проблема виробництва продуктів харчування найтіснішим чином пов'язана з проблемою отри-мання енергоносіїв, мінеральної сировини, води і з проблемою народонаселення. Слід погодитись з Рамадом Ф. (1981), який зазначає: «Питання, скільки людей може прогодувати Земля, в дійсності поставлене невірно. Перш за все треба було спитати, до яких наслідків для БС приведе інтенсифікація світового виробництва продуктів харчування. Відповідь на це питання не викликає оптимізму». Із цього витікає, що терміново необхідно шукати шляхи стабілізації чисельності населення. Як вважає Ф. Рамад (1981), сучасні агроєкосистеми не спроможні витримати навантаження 6,7 млрд. чоловік (як зазначалось раніше, існують і більш оптимістичні прогнози, хоча деякі дослідники вважають, що агроєкосистеми розраховані на навантаження лише 1,5

млрд. чоловік), тобто існує проблема визначення оптимуму. Не залежно від шляхів розвитку агроєкосистем та вирішення продовольчої проблеми, виходячи з інтересів збереження здоров'я людства і підтримання життєзабезпечуючих систем біосфери, єдино правильною стратегією є поступове впровадження екологічно обґрунтованих форм розвитку сільського господарства.

При відповідній технології і господарюванні Земля може забезпечити мінімальний раціон 30 млрд. чоловік і навіть більше, але людина не може обмежуватися тільки задоволенням потреб в їжі, тому для забезпечення фізичних і духовних потреб людини населення планети не повинно перевищувати 2 млрд. Людству слід зуміти і встигти перебудувати всю систему взаємовідносин так, щоб подальший розвиток йшов в напрямі коеволюції суспільства і природи (*коеволюція* – спільна, взаємопов'язана еволюція).

Мінімальні норми харчування вимагають, щоб на одну людину доводилося принаймні 0,6 га землі, яка обробляється. Зараз традиційне землеробство може прогодувати менше половини населення планети. Отже, виникає проблема підвищення врожайності. І людство йде цим шляхом. Збір зернових за 1970-1990 рр. збільшився на 15 % у країнах, що розвиваються, і на 32 % у розвинених. Проте це тяжкий тягар для навколишнього середовища. Зараз зрошують усього шосту частину орних земель. На них одержують третину всього продовольства. На зрошування витрачається близько 2700 км<sup>3</sup> води на рік, майже 70 % прісної води, що споживається у світі. Це підтримує існуючу нестачу води. Велика частина її витрачається непродуктивно, як і інші матеріальні ресурси. Аналогічна проблема і з добривами. Відомо, що рослини засвоюють тільки 50 % добрив. Необхідно також підкреслити, що від бур'янів і шкідників гине 40 % і більше



урожаю, 90 % пестицидів витрачається дарма, забруднюючи ґрунт, воду, атмосферу.

За останні роки істотно зросла захворюваність населення.

Рівень поширення хвороб склав у 1995 р. 118 тис. випадків на 100 тис. чол. при 110,5 тис. випадків у 1990 р., тобто зростання склало 6,8 %. У структурі хвороб домінують хронічні й інфекційні захворювання органів дихання, систем кровообігу й т. ін. Складним є епідеміологічний стан. Однією з причин цього є те, що поряд з *дефіцитом води* і її недостатньою якістю збільшується бактеріальне забруднення відкритих водойм. Зростання обсягів *викидів забруднюючих речовин* продовжується, а це сприяє погіршенню здоров'я людини. Так, річний обсяг викидів в атмосферне повітря становить близько 6 млн. т, а скидання у водойми недостатньо очищеної води перевищують 3,4 млрд. м<sup>3</sup>, з них 1 млрд. – без будь-якого очищення.

**Проблеми води.** Відомо, що 94 % води на планеті солоня, а з 6 %, що залишилися, більша частина знаходиться глибоко під землею або в льодовиках.

Людство може розраховувати на 9000 км<sup>3</sup> прісної води на рік. Цієї кількості вистачило б, якби вона була розподілена рівномірно.

Потреба у воді вища у промислових країнах. Наприклад, середній мешканець Північної Америки витрачає води на особисті потреби в 70 разів більше, ніж середній мешканець Гани, проте витрата ця невелика, оскільки 69 % води, що використовує людина, витрачається у сільському господарстві (головним чином на зрошення), 23 % – у промисловості, а на побутові потреби йде лише 8 %.

*Головна причина браку води – марнотратство.* Яскравий приклад тому те, що вода водосховищ у значних кількостях випаровується або просочується.

Глобальний моніторинг навколишнього середовища (GEMS) в рамках програми ООН з охорони навколишнього природного середовища (ЮНЕП) зараз включає 344 станції, які безперервно реєструють якість води в дев'яти країнах. За повідомленнями цієї мережі, 10 % річок, на яких ведеться моніторинг, забруднено переважно стічними водами. Кількість занесених ними бактерій місцями в мільйони раз вища, ніж у чистих річках.

У розвинених країнах основний забруднювач – промисловість і сільське господарство. Рівень вмісту нітратів в річках Європи, на яких є GEMS, в середньому в 45 разів вищий, ніж в чистих річках. Вміст пестицидів і фосфатів в річках Танзанії, Колумбії і Малайзії вищий, ніж в Європі.

Особливо страждають прибережні райони, оскільки більше половини жителів країн, що розвиваються, приблизно третину необхідних їм білків одержують з морської риби, яка гине або заражена. Нітрати з сільськогосподарських добрив стали причиною так званих *червоних припливів* – бурхливого розвитку мікроорганізмів, що забарвлюють воду в червоний колір. Вони створюють «мертві зони», поглинаючи кисень, що міститься у воді. Це Мексиканська затока, проти гирла Міссісіпі, Аральське море, Внутрішнє Японське море (у останньому близько 200 червоних припливів на рік).

Нестача води породила бум в будівництві дамб. У 1956-1986 рр. споруджено приблизно 36 тис. крупних (заввишки більше 15 м) дамб і половина з них – в Китаї. Води в них зараз 3500 км<sup>3</sup>, що складає рівно половину її глобального споживання. Річок для споруди дамб, на жаль, не вистачає. Проте будівництво їх не тільки благо. Необхідно пам'ятати про переселення, інфекції, втрати рибальства нижче дамби і т. ін.

*Першочерговою задачею є боротьба за чисту воду.* За останні 25-30 років укладено багато міжнародних угод щодо зменшення скидів нафтопродуктів з судів. Завдяки цьому з 1981 р. забруднення океану знизилося на 60 %.

**Проблеми повітря.** За останні 20 років покращена система очищення повітря в промислово розвинених країнах і погіршала в тих, що розвиваються.

В середньому за життя людина здійснює 500 млн. вдихів, і, якщо повітря не є чистим, шкідлива дія на здоров'я посилюється в сотні мільйонів раз. Так, смог в Лондоні в 1952 р. за декілька днів спричинив смерть 4000 життів.

Пам'ятники архітектури (Акрополь в Афінах, Колізей в Римі і т. ін.) стояли тисячі років, а в цьому сторіччі почали руйнуватися через забруднення повітря.

Найбільш шкідливі *оксиди сірки* (викиди електростанцій, промислових підприємств тощо), *оксиди азоту* (викиди електро-станцій, промислових підприємств, автомобілів тощо) і *оксиди вуглецю*. Автомобільні гази, сажа, пил об'єднані загальною назвою – *грубо дисперсні домішки* (ГДД). Вони є скрізь, де спалюють паливо. GEMS (система глобального моніторингу) і ЮНЕП діють в 75 країнах. В останньому повідомленні GEMS про вміст сірчаного газу в 54 містах повідомляється, що воно було допустимим в 27 містах, на межі допустимого – в 11 містах (Лондоні, Нью-Йорку, Гонконзі) і недопустимим в 16 містах (Ріо-де-Жанейро, Парижі, Мадриді).

Рівні пилу і сажі виявилися допустимими у восьми містах, граничними – в десяти (Торонто, Сіднеї) і неприпустимими – в 23 містах (Бангкок, Тегеран, Ріо-де-Жанейро та ін.).

Загалом, за даними GEMS, майже 900 млн. жителів міст потерпають від шкідливої дії сірчаного газу і більше 1 млрд. страждають від забруднення повітря пилом і сажею.

За останні 20 років в атмосфері виявлено 261 органічну речовину, а також мікрокількості кадмію, міді, ртуті і цинку та інших важких металів. Роль мікродомішок поки що не з'ясована, але є відомості, що вони виконують важливу роль в утворенні смогів різних типів.

Збільшується кількість забруднюючих речовин у приміщеннях. У квартирах містяться високі концентрації радону, азбесту, тютюнового диму, грибків, цвілі і спор. Тут більше, ніж на відкритому повітрі, сажі, пилу, оксидів азоту і вуглецю.

Стосовно пилу, то цей поллютант потребує трохи більшої уваги. Справа в тому, що у сучасних словниках тлумачення поняття «пилове забруднення» відсутнє, а це означає – не існує проблеми. І це, певною мірою, закономірно, оскільки для традиційної екології дана проблема не характерна. Між тим, автори вважають, що саме проблема пилу є якщо не найголовнішою, то стоїть першою у черзі найбільш значущих проблем.

*Пил* – завислі в повітрі тверді частинки діаметром більше за

1 мкм. *Аерозолі* – колоїдні системи (0,1–0,001 мкм), що містять не тільки тверді, але і рідкі крапельки (нерідко з розчиненими в них поллютантами); звичайно до аерозолів відносять крапельки діаметром 0,1–1 мкм, тоді як частинки такого ж розміру вважаються пилом. Рідкі аерозолі – тумани, тверді аерозолі – дими. *Промисловий пил* утворюється внаслідок механічної обробки різних матеріалів (дроблення, помел, висадження, заповнення, розрівнювання), теплових процесів (спалення, сушка, плавлення), транспортування сипучих матеріалів. В атмосфері завжди міститься деяка кількість пилу, яка може

різко зрости під час пилових бур та вулканічних вивержень (наприклад, після виверження вулкана Кракатау в Зондській протоці у 1883 р. пил обгорнув усю земну кулю). *Неорганічний (мінеральний) пил* містить продукти вивітрювання гірських порід, морську сіль, частинки попелу після вулканічних вивержень, лісових і степових пожеж. Органічний пил складається з частинок рослин і мікроорганізмів.

Частинки діаметром менше за 5 мкм затримуються в бронхах, не вимиваються дощами і тривалий час перебувають у повітрі. Силікатний пил (3 мкм) викликає *сілікоз*, а азбестовий (голки довжиною більше за 5 мкм) становить канцерогенну небезпеку. Небезпечні пил і аерозолі, що містять екологічно небезпечні метали (*Pb, Cd, Zn, Al, Be, Mo, Ti, V* і ін.). Пил і аерозолі природного (з морської води, з сухих ґрунтів, при вулканічних виверженнях тощо), а особливо антропогенного походження (промислові і транспортні викиди) часто є причиною алергії, а їх відкладення на листі перешкоджає нормальному ходу фотосинтезу. Для очищення від промислового пилу широко застосовуються сухі (пиловідстійні камери, циклони, фільтри тощо) і мокрі (турбулентні пиловловлювачі, електрофільтри та інші) методи очищення. Ефективне використання зелених насаджень; необхідно, щоб вони мали ширину 10-30 м і не були сильно густими, бо забруднене повітря огинає посадки зверху, утворюючи завихрення з підвітряного боку. Потрібно відмітити велику роль лісових екосистем: 1 га ялинового лісу збирає на рік 32 т пилу, соснового – 36,4 т, букового – до 68 т (Фелленберг Г., 1997).

Відома величезна роль пилу у формуванні цілих стратиграфічних обріїв. Наприклад, відповідно до однієї з теорій, утворення лісів обумовлене нагромадженням пилу, принесеного з далеко розташованих територій. Варто згадати й про роль пилу, що викидається вулканами, який

привів до зміни клімату планети й т. ін. В екологічних паспортах підприємств фіксується продукування пилу окремими джерелами й іноді ледве не єдине забруднення. Ми знаємо про офіційно існуючий термін «забруднення посередині квартири (житла)», що забезпечує привнесення в житло або утворення в ньому небажаних фізичних, хімічних і біологічних агентів. Однак це стосується не тільки житла, але й цілих населених пунктів, величезних територій. Таким чином, пил – це надзвичайно широко розпо-всюджений і в більшості випадків надзвичайно небезпечний забруднювач. Виходячи із цього, розглянемо, що являє собою пил.

Від хімічного складу пилу залежить його біологічна активність. Проникаючи в легені й лімфатичні судини, пил викликає захворювання. Токсичний пил (пил ртуті, свинцю й т. ін.), розчиняючись у біологічних середовищах, діє як отрута й викликає отруєння організму. Він здатний адсорбувати з повітря деякі отруйні гази, у результаті чого неотруйний пил може стати отруйним. Наприклад, вугільний пил і сажа здатні адсорбувати окис вуглецю. Тривале вдихання його викликає в людини хронічне захворювання легенів, шлунка, шкірні захворювання й т. ін.

Усі пилові частки в повітрі можуть нести електричні заряди. Відсоток затримки такого пилу в дихальних шляхах у два-три рази більше нейтральної. Шкідливий вплив на організм людини залежить від *кількості пилу, який вдихається, ступеня дисперс-ності порошин, їхньої форми й хімічного складу.*

Кількість пилу, яку вдихаємо, залежить від запиленості приміщення. Звідси необхідне дотримання ГДК пилу в приміщенні. Для органічного пилу з домішкою двоокису кремнію ГДК становить: при показнику більше 10 % ГДК – 2 мг/м<sup>3</sup>; від 2-10 % – 4 мг/м<sup>3</sup>; менш 2 % – 6 мг/м<sup>3</sup>.

Для визначення якості повітря існує кілька методів: *ваговий, рахунковий, фотометричний, радіометричний*.

За даними ООН, щороку в атмосферу планети викидається 2,5 млрд. т пилу. У Швеції на 1 га осідає 500 кг пилу, у Бельгії – 6000 кг. Деякі автори особливо виділяють хімічне забруднення, пов'язане з пилом. Як приклад, можна навести попадання з пилом в організм людини свинцю. Збільшення свинцю в крові веде до вповільненого розумового розвитку. Аналізуючи вміст свинцю в муміях і сучасних людях, з'ясували, що його вміст в організмі сучасної людини у 100-1000 разів вище. Нинішні діти й молодь – покоління, що росте в середовищі, насиченому хімікатами, пилом.

**Проблеми землекористування і лісів.** У 1973-1988 рр. площа оброблюваних земель збільшилася тільки на 4 %, площа пасовищ майже не змінилася, а лісів скоротилася на 3,5 %. Більше 25 000 млн. т ґрунту щороку виноситься з оброблюваних земель, незалежно від природної ерозії. У США до ерозії схильні 44 % орних земель, у Сальвадорі – 77 %, в Непалі – 38 % полів покинуто через деградацію ґрунтів.

Нещодавня глобальна оцінка, яку зробив Міжнародний ґрунтовий центр в Нідерландах, свідчить, що 15 % всієї суші світу вже деградувало через втручання людини; 5,7 % постраждало від збитку, нанесеного водною ерозією; 28 % – від вітрової, 12,1 % – хімічної деградації (наприклад, засолення при неправильному зрошуванні) і 4,2 % земель зруйновано безпосередньою фізичною дією. Причинами деградації служать постійний випас худоби (34,5 %), зведення лісів (29,5 %), розорювання (28,1 %), надмірне навантаження (7 %).

Найсильніше страждають райони з недостатнім зволоженням (вони займають 47 % суші). Тут людина породила опустелювання. До того ж характерне не подальше розширення пустель, а їх утворення. Воно

охопило 47 % зрошуваних посівів у посушливих районах, 73 % пасовищ і 30 % зрошуваних площ.

Від засухи 1984-1985 рр. в 21 країні Африки постраждало більше 30 млн. чоловік, з них 10 млн. стали екологічними біженцями.

Таким чином, внаслідок техногенного впливу погіршуються фізичний і хімічний стан *грунтів*, збільшується їх еродованість, погіршується якість сільськогосподарської продукції й т. ін.

Значна роль у цьому належить *агроекологічним проблемам*. Без знання й розуміння цієї проблеми забезпечити екологічну безпеку населення України неможливо.

Ми не торкаємося тут *надзвичайних ситуацій* з тієї причини, що вони, як правило, досить висвітлені в літературі й відомі широкій громадськості. Разом з тим вважаємо за доцільне навести приклади їх формування. Відповідно до думки Національного інституту стратегічних досліджень (Агаркова Н. В. та ін., 1996), *головними причинами надзвичайних ситуацій в Україні є*: 1) політичні; 2) організаційно-управлінські; 3) науково-технічні; 4) нормативно-правові; 5) соціально-економічні.

Названі причини пояснюють і розвал СРСР, і зміну політичної й економічної ситуацій, і відсутність попередження негативних наслідків людської діяльності, і незадовільний стан основних фондів, і повільні темпи реконструкції виробництв, і відсутність нормативних актів щодо неоекологічного стимулювання забезпечення екологічної безпеки, і соціальна напруга в державі тощо. Звідси зрозуміло, що ці причини тією чи іншою мірою характерні для формування й названих вище неоекологічних проблем, про які йде мова.

Внаслідок наростання антропогенних навантажень на агроландшафти (застосування потужних механізованих



агрегатів з обробки земель, внесення добрив у підвищених і часто незбалансованих дозах, масове використання засобів захисту й росту сільськогосподарських рослин, здійснення широкомасштабних меліоративних заходів і т. ін.) *оптимізація взаємодії сільськогосподарського виробництва й природного середовища стає важливою екологічною проблемою*. Її рішення можливо лише при радикальній переорієнтації розвитку агропромислового комплексу в напрямку ресурсозбереження, а також застосування науково обґрунтованих заходів щодо створення й функціонування ефективного й екологічно безпечного механізму сільськогосподарського природокористування (Яцухно Я. М., Мандер Ю. Э., 1995).

Агроекологічні проблеми настільки великі, що виникла самостійна наука – *агроекологія*. Об'єктом її дослідження є *агроекосистеми*.

**Агроекосистеми – це території, що використовуються за єдиним господарським планом з певним набором сільськогосподарських культур і овідомих травин**

Тут ми торкнемося лише незначної кількості проблем, що найбільш істотно впливають на екологічну безпеку життєдіяльності.

Добре відомо, що будь-яке використання земель веде до їхньої деградації – *водної й вітрової ерозії, зниженню родючості, засолення, закислення, забруднення промисловими відходами, ущільнення, підтоплення, осідання та ін.* Залежно від сполучення типів деградації й охоплюваних ними площ розрізняють *слабку, помірну, сильну й дуже сильну ступені деградації земель*. Лосєв К. і Ананічева М. (1997) підкреслюють, що основна частина ґрунтів Європи зазнає дуже сильної деградації, значна частина – помірної і тільки на невеликих територіях вона

слабка або відсутня. Останнє характерне, в основному, для Скандинавських країн. Для України властиві всі типи деградації.

Особливістю європейського сільського господарства є використання *інтенсивного виробництва* (в одиницю площі вкладається максимальна кількість енергії й ресурсів: паливе, добрива, пестициди, корми, біопрепарати). У західноєвропейських державах наприкінці 80-х рр. на 1 га вносилося більше 100 кг азоту (Франція – 133, Великобританія – 211, Нідерланди – 489), у центральноевропейських країнах – від 60 до 100 кг/га, у Росії – менше 50 кг/га.

Існує багато прикладів шкідливого впливу *зрошення*. Втрата й засолення ґрунтів, що виникли в результаті погано продуманої або неправильно застосованої системи іригації, зменшення запасів підземних і забруднення зворотних вод, зміна рельєфу й мікроклімату, санітарно-гігієнічні аспекти.

Механізація й хімізація сільського господарства забезпечують стійкість в одержанні високих урожаїв, однак цей тип землекористування небезпечний з погляду біогенної регуляції середовища: сільськогосподарські агроценози інтенсивного типу не регулюють, а дестабілізують навколишнє середовище за рахунок розмикання біохімічного кругообігу, що людина прагне компенсувати енерговкладами, а внесення більших доз мінеральних добрив і пестицидів веде до сильного забруднення ґрунту й водних об'єктів (Лосєв К., Ананічева М., 1997). Дані про деградацію земель свідчать про те, що Європа, особливо її західна й центральна частини, стала одним із найбільших районів дестабілізації навколишнього середовища в Північній півкулі. Виникає потреба у створенні стійких агросистем за допомогою екологічних технологій, що не тільки забезпечить досить високу продуктивність

сільськогосподарських земель, але й знизить їхню дестабілізуючу роль, призведе до зменшення кількості порушених земель.

І все-таки основне, чому необхідно приділити увагу, – це *сільськогосподарське забруднення*.

Сільськогосподарське забруднення є однією з найбільших проблем, що постали перед людством. Починаючи з 1980 р., ООН включає його в число чотирьох найважливіших загроз.

***Сільськогосподарське забруднення – це забруднення навколишнього середовища відходами сільсько-господарського виробництва: неочищеними стічними водами із тваринницьких ферм, пестицидами, добривами, внесеними в***

*Хімічне забруднення ґрунтів* відбувається в основному через викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранс-порту, а також хімізацію сільського господарства. Воно зберігається упродовж тривалого часу, тому що здатність ґрунтів до самоочищення невелика або її може не бути зовсім (це залежить, головним чином, від ступеня динамічності вод, зон аерації й насичення).

Найбільш згубний вплив здійснюють кислотні дощі, які руйнують структуру ґрунтів, нищать мікроорганізми і привносять у ґрунти ЗР. Значну шкоду ґрунтам наносить забруднення важкими металами, найбільш небезпечними із яких є *Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn*. Виробнича діяльність людини призводить до забруднення ВМ та іншими ЗР майже до утворення антропо-генних геохімічних аномалій навколо промислових центрів й уздовж автомагістралей.

Внаслідок роботи металургійних підприємств на поверхню ґрунтів щороку викидається не менше ніж 150 тис. т *Cu*, 122 тис. т *Zn*, 90 тис. т *Pb*, 12 тис. т *Ni*, 1500 т *Mo*,

800 т *Co* і 31 т *Hg*. Свинець надходить також разом із викидами автотранспорту (поблизу автотрас на відстані до 200 м вміст *Pb* в 25-30 разів вищий, ніж у звичайних районах), а ртуть – з отрутохімікатами. Суперфосфатні заводи забруднюють ґрунти недогарковим пилом, який містить *Fe*, *Cu*, *As*, *Pb*, *F*.

Внаслідок спалювання каустобіолітів на земну поверхню щороку надходить 1600 т *Hg*, 3600 т *Pb*, 2100 т *Cu*, 7000 т *Zn*, 3700 т *Ni*, а з вихлопними газами – 260 тис. т *Pb*. Деякі промислові підприємства перекачують до сховищ, шламових ставів та накопичувачів різноманітні солі кольорових і важких металів, ціаніди, сполуки миш'яку, ароматичні вуглеводні.

Кожний м<sup>2</sup> ґрунтів щороку поглинає з атмосфери 6 кг шкідливих речовин, що призводить до концентрування цих компонентів у ґрунтах, зміни фізико-хімічних властивостей останніх.

У розвинених країнах відбувається зростання сільсько-господарської продукції на 50-60%, пов'язане із застосуванням мінеральних добрив, що дозволяє задовольнити потреби рослин в основних елементах споживання, а також значно підвищити урожайність сільськогосподарських культур. Разом із урожаєм вилучаються біогенні елементи (*N*, *P*, *K*, меншою мірою *S*, *Ca*, *Mg* та ін.).

Отже, виникає необхідність внесення в ґрунт сполук цих елементів у кількості, еквівалентній вилученій з урожаєм. Частіше за все вносять: нітрат амонію, нітрат кальцію, сульфат амонію та сечовину; фосфор вносять у вигляді суперфосфатів; кислі ґрунти нейтралізують вапняком, а гіпсом нейтралізують лужні ґрунти. Оскільки мінеральні добрива застосовують у неочищеному вигляді, то разом з ними у ґрунти потрапляють метали й металоїди, малорухливі в цьому середовищі (мобільність збільшується

у ряді:  $Hg, Pb > As, Cd > Zn$ ). Вони накопичуються у поверхневих горизонтах, де зосереджена коренева система рослин. За допомогою кореневої системи рослини витягують із ґрунту мінеральні солі, необхідні для побудови цитоплазми (при наявності сонячної енергії і води), і тим самим транспортують частину елементів.

Необхідно знати, яка кількість біогенних елементів дістається із ґрунту, щоб повернути йому ідентичну кількість з добривами.

Лише такий підхід забезпечує постійність виробничої спроможності ґрунту. Якщо у лісах під час листопаду повертається в ґрунт більша частина вилучених живильних речовин ( $Ca, K, P, N$ ), то деякі польові рослини (злакові, картопля та ін.) за певний період часу витягують із ґрунту більше біогенних елементів, ніж повертають у ґрунти (в кг/га). Бобові культури (конюшина, люцерна й ін.) є виключенням, тому що їх корені мають бульбочки (симбіотичні бактерії), які дозволяють фіксувати азот у ґрунті; у цьому випадку вилучається лише кальцій (якщо закопати люцерну, то у ґрунті накопичиться достатня кількість кальцію). Використовуючи біологічну культивуацію, у ґрунт повертають елементи в органічній формі, вилучені урожаєм, а отже, відпадає необхідність внесення мінеральних добрив і знижується можливість забруднення ґрунтів.

Забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування пестицидів. *Пестициди* (від лат. *pestis* – зараза, *caedo* – вбиваю) – загальна назва хімічних речовин, що застосовуються для боротьби з небажаними видами рослин, тварин (комах) та мікроорганізмів. Згідно з офіційним документом (*Пестициди. Терміни та визначення. ДСТУ 3180-95. Держстандарт України, Київ, 1996*) до пестицидів відносяться речовини (суміш речовин) хімічного або біологічного походження, що викори-

стовуються для боротьби з організмами, які завдають шкоди сільськогосподарським культурам або запасам сільськогоспо-дарських продуктів, для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників хвороб тварин і рослин, а також для регулювання розвитку організмів.

Пестициди за дією на шкідників поділяються на такі групи: *гербіциди* – засоби знищення бур'янів, *інсектициди* – засоби для боротьби зі шкідливими комахами, *нематоциди* – засоби для знищення черв'яків, *фунгіциди* – засоби для боротьби з грибними і вірусними захворюваннями, *бактерициди* – засоби для винищення збудників хвороб та ін. Отруйні та відстрашувальні препарати, що застосовуються задля обкурювання сільгоспугідь, тваринних дворів і побутових споруд, називають *фумігантами*, а речовини, які відлякують тварин – *репелентами*. Окрім того, застосову-ються *дефоліанти* – засоби для видалення листя (наприклад, бавовнику під час механічного збору).

Норма використання пестицидів на 1 га в середньому в світі 0,3 кг (в Росії, США і країнах Західної Європи 2-3 кг/га). Якщо світове виробництво прийняти за 100%, то на частку гербіцидів припадає 40%, інсектицидів – 35, фунгіцидів – 15, інших пестицидів – 10%.

За *хімічним складом* розрізняють пестициди хлорорганічні (ХОП), фосфорорганічні (ФОП), що містять *Hg, As, Pb* та інші токсичні сполуки. До числа найбільш широко використовуваних відносяться ФОП, серед яких є високоактивні препарати різного призначення.

При характеристиці пестицидів особливо часто використо-вується як *токсикологічний показник*  $LD_{50}$  – *доза середня летальна ефективна*, яка спричиняє загибель у 50% стандартної групи тварин при певному терміні такого спостереження; при введенні токсикантів у шлунок до 50 мг/кг – сильнодіючі речовини, 50-200 –

високотоксичні, 200-1000 – помірнотоксичні, більше за 1000 мг/кг – малотоксичні.

Пестициди є типовими екотоксикантами. У цей час у світі зареєстровано більше ніж 1500 пестицидів, але для живих організмів особливу небезпеку представляють ХОП (ДДТ і його метаболіти, метафос, ГХЦГ, трефлан та ін.) і ФОП.

*Для пестицидів характерні такі особливості:* 1) у більшості випадків вони мають широкий спектр токсичного впливу як на види рослин, так і види тварин; 2) пестициди завжди токсичні для теплокровних хребетних; 3) пестициди завжди застосовують проти популяцій; 4) як правило, для «надійності» використовують значно більше пестицидів, ніж необхідно для знищення шкідників; 5) площі застосування пестицидів значні; 6) багато пестицидів зберігаються у землі роками (тобто час, необхідний для того, щоб препарат втратив не менше ніж 95% активності за нормальних умов, складає для сполук *Pb*, *As*, *Cu*, *Hg* – 10-30 років, для ДДТ – 2-4 роки, для гербіцидів типу 2,4-D і 2,4-T – 0,1-0,4 роки, для фосфорорганічних інсектицидів 0,02-0,2 року і т. д.).

Пестициди погано мігрують у водних розчинах через погану розчинність. Одним із основних фізичних факторів, які визначають поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція їх ґрунтовими частинками. Сорбувальні властивості ґрунту залежать від його складу, вогкості та температури. З підвищенням температури відбувається десорбція пестицидів.

Для розуміння екологічної небезпеки, пов'язаної з використанням пестицидів, необхідно мати на увазі процеси міграції їх у природних середовищах. Пестициди зазвичай потрапляють у ґрунти при їх плановому внесенні із застосуванням тих або інших технічних засобів, при використанні посадочного матеріалу, заздалегідь

обробленого пестицидами, або внаслідок аварій при їх транспортуванні чи зберіганні. Надалі пестициди потрапляють у поверхневі водотоки і донні відклади, де вони акумулюються. При переміщенні по трофічному ланцюгу концентрації їх у процесі біоаккумуляції зростають.

Використання пестицидів регламентується законодавством в усіх країнах. ГДК деяких хімічних речовин у ґрунтах України (за станом на 1.01.1991 р.) у мг/кг ґрунту з урахуванням фону (кларкових значень) такі: *Cu* – 3, *Ni* – 4, *Zn* < 3, *Co* – 5, *F* – 2, *Br* – 6 (рухомі форми); *F* – 10 (водорозчинна форма); *Sb* – 4,5, *Mn* – 1500, *V* – 150, *Pb* – 30, *As* – 2, *Hg* – 2,1, нітрати – 130, бенза(а)пірен – 0,02, бензол – 0,3, толуол – 0,03, комплексні гранульовані добрива – 120, рідкі комплексні добрива – 80 (валовий вміст) і т.д. ГДК деяких пестицидів: ДДТ і його метаболіти – 0,1, карбофос – 2, хлорофос – 0,5 мг/кг ґрунту.

Крім характеристики забруднення ґрунтів в одиницях ГДК, оцінка ступеня їх забрудненості проводиться за ГОСТ 17.4.3.06-86, згідно з яким ґрунти класифікуються як: сильно забруднені, в яких вміст ЗР у декілька разів перевищує ГДК; середньо забруднені, в яких вміст ЗР перевищує ГДК, але без явних змін властивостей ґрунту; слабо забруднені, в яких вміст ЗР не перевищує ГДК.

Наведені вище відомості – лише дуже маленька частка надвеликої проблеми. І зроблено це для входження в проблему, як вступ до розуміння тієї надвеликої ролі, яку здійснює сільськогосподарське виробництво. Більше того, багато тут проблем є загальними, спільними з іншими виробництвами, може лише дещо слабкіше визначеними.

**Загибель лісів** планети зіставляється зі скороченням площі землі, що обробляється. Щорічна вирубка, яка становить 16,8 млн. га, породжує екологічних біженців.



Від наявності деревини залежить життєзабезпечення приблизно 2 млрд. людей, з яких 1,3 млрд. витрачає її швидше, ніж зростає діловий ліс.

Зараз запаси деревини складають 31 млрд. м<sup>3</sup>, а її щорічний приріст – 6 млрд. м<sup>3</sup>. Проте велика частина приросту припадає на малодоступні райони Аляски, Канади, Сибіру. Зате в Південно-Східній Азії, Латинській Америці лісів катастрофічно не вистачає. За прогнозами через 20 років буде брак пиломатеріалів у всьому світі.

Окрім підсічного землеробства, лісових пожеж, суттєву роль в зведенні лісів здійснює забруднене повітря, яке зараз стало причиною хвороби 10-20 % дерев у 13 країнах Європи. Але роль лісів полягає не тільки у тому, що це ресурс. Наприклад, поки в Гімалаях зеленіли обширні ліси, Бангладеш страждав від повеней приблизно двічі за сторіччя, зараз повені відбуваються через кожні 4 роки. Інший приклад. Кількість діоксиду вуглецю в атмосфері, який загрожує глобальним потеплінням, зросла більш ніж на чверть саме через зведення лісів.

Формально охороняється менше 5 % світових лісів. Але низка країн намагається вживати заходи щодо збереження і розповсюдження лісів. Так, наприклад, Бразилія приступила до створення системи лісових парків і заповідників площею 15 млн. га, Коста-Ріка узяла під охорону 80 % лісів. Кот-д'Івуар заборонив вивіз з країни деревини, Болівія оголосила п'яти-річний мораторій на концесії щодо лісозаготівель і т. ін.

На глобальному рівні чотири міжнародні організації в 1985 р. почали здійснювати «План захисту тропічних лісів», до якого приєдналася вже 81 країна.

Дикі рослини – це і ліки. Щороку з рослинної сировини виготовляють ліків на 40 млрд. доларів.

Зростає прагнення до збереження *біологічної різноманітності*.

**Біологічна різноманітність** – це «варіабельність живих організмів зі всіх джерел, що включають *inter alia* (лат. „серед інших“) наземні, морські й інші водні екосистеми та екологічні комплекси, частиною яких вони є: це включає різноманітність в межах виду, різноманітність видів і різноманітність екосистем».

Території, що охороняються, зараз займають 5 % земної поверхні. У 1980 р. міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП), ЮНЕП і міжнародний фонд любителів диких тварин почали Всесвітню кампанію з охорони природи, боротьбу за збереження екосистем і біологічної різноманітності. Зараз це стало стратегією більш ніж для 50 країн світу.

### **Проблеми промисловості, енергетики і відходів**

*Промисловість* всюди створює екологічні проблеми. Вона споживає 37 % світової енергії, дає 50 % загальних викидів діоксиду вуглецю, 90 % оксиду сірки і всього того, що знищує озоновий шар. Щороку в промисловому виробництві утворюється 2100 млн. т твердих відходів і 338 млн. т потенційно небезпечних забруднень. У країнах, що розвиваються, невеликі підприємства взагалі не контролюються, тоді як там вони переважають.

Основний вплив промислової діяльності на навколишнє середовище включає: викиди в атмосферу і скиди в воду; утворення і захоронення відходів; використання значної кількості води; використання величезних територій під індустріальні будови тощо. Наприклад, Європейська промисловість забруднює водні ресурси у зв'язку зі споживанням 53% від усього обсягу використовуваних вод та є джерелом 7% від загального обсягу викидів фосфору, 10% від загального обсягу викидів азоту і т.д.

Будь-яка промислова діяльність здійснює вплив на навколишнє середовище, оскільки використовує енергію і сировину. Цей вплив збільшується, якщо ця сировина є непоновлюваною. Відходи від промислової діяльності також забруднюють навколишнє середовище. Забруднення може обмежуватися впровадженням екологічно чистих технологій (які запобігають забрудненню, а не усувають його) або тих технологій, метою яких є нейтралізація забруднення (так звані «кінцеві очисні технології»).

Не можна не помітити, що в світовій спільноті вже почали усвідомлювати необхідність екологічного контролю, його роль у підвищенні ефективності виробництва.

Як наголошувалося, витрата води в промисловості відносно

скромна порівняно з землеробством. Пояснюється це тим, що вода там використовується кілька разів (наприклад, в США – 9). Очікується, що ця цифра зросте до 17.

*Виробництво електричної і теплової енергії* супроводжується значним впливом на природні комплекси. При цьому негативний вплив підприємств паливно-енергетичного комплексу відбивається не лише на водоймах, але також і на утворенні відходів, деградації ґрунтів та вилученні земель для їх складування, підтопленні територій, зміні сейсмотектонічних умов та ін. Впливають підприємства паливно-енергетичного комплексу також і на клімат планети, оскільки вони викидають гази, які сприяють деградації озонового шару Землі і збільшенню **парникового ефекту**. Саме енергетичні підприємства винні в надходженні 70% парникових газів, які змінюють клімат планети.

Теплові електростанції і теплоелектроцентралі, що спалюють тверде (торф, вугілля, горючі сланці), рідке (нафта, мазут) і газоподібне (газ) паливо, відносяться до

найбільш поширених і потужних джерел викидів шкідливих забрудню-ючих речовин в атмосферу. Основними забруднюючими речовинами, що надходять до атмосфери при спаленні палива, є тверді частки (зола, сажа),  $SO_x$ ,  $NO_x$ ,  $CO$ . Оксиди сірки утворюються при спаленні сірчистих вугілля і нафтопродуктів. Утворення оксидів азоту залежить від температури спалення, надлишку повітря, вмісту азоту в горючій масі; спочатку утвориться  $NO$ , який окислюється при високій температурі і надлишку повітря киснем до  $NO_2$  і  $N_2O_4$ . При неповному згорянні палива в газоподібних викидах знаходяться  $CO$ , вуглеводні типу  $C_nH_{2n+2}$  і  $C_nH_{2n}$ , поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), токсичні сполуки типу бенз(а)пірену і пентаоксиду ванадію ( $V_2O_5$ ) та ін. Серед хімічних канцерогенів провідне місце займають ПАВ, що утворюються при спаленні палива і його термічній переробці. Разом з викидами в атмосферу надходять також вельми токсичні метали ( $Be$ ,  $As$ ,  $Se$ ,  $V$ ,  $Cd$ ,  $Hg$  і ін.) і радіонукліди ( $^{236}U$ ,  $^{232}Th$ ,  $^{40}K$ ), які можуть бути джерелами несприятливих впливів на природне середовище. Крім того, забруднюються інші природні середовища, що негативно відбивається на стані біоти і здоров'я населення.

На початок ХХІ століття очікувалось накопичення 1 млн. м<sup>3</sup> високорадіоактивних відходів. До того ж виникне необхідність ліквідації старих АЕС. У 1990 р. на 143 АЕС були зафіксовані різного роду несправності, проте жодна АЕС ще не закрыта. Вважають, що до початку сторіччя повинно було закритися 64 промислові ядерні реактори і 256 науково-дослідних промислових об'єктів. Проте цей процес йде дуже повільно.

У країнах з високим рівнем життя житель споживає енергії в 15 разів більше, ніж у бідній країні. Ера дешевої енергії закінчилася. Її кількість, необхідна для виробництва одиниці валового національного продукту (енергоємність),

в країнах з розвиненою ринковою економікою з 1970 р. знизилася на 29 %.

«Порядок денний на XXI сторіччя», вже історичний документ Конференції 1992 року в Ріо-де-Жанейро, визнав проблему твердих відходів однією з тих, що перешкоджає сталому розвитку світового господарства. *Відходи* – це будь-які речовини і предмети, утворювані в процесі виробництва і життєдіяльності людини або внаслідок природних чи техногенних катастроф, які не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають видаленню або переробці з метою забезпечення захисту навколишнього середовища і здоров'я людей чи з метою повторного їх залучення до господарської діяльності як матеріально-сировинних або енергетичних ресурсів (Державний класифікатор відходів України – ДК 005-96):

Доцільно також навести витяг із Закону України «Про відходи» (05.03.1998): 1) *відходи* – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються в процесі людської діяльності і не використовуються потім за місцем утворення або виявлення, від яких їх власник позбавляється, має намір або зобов'язаний позбавитися шляхом їх утилізації або видалення; 2) *поводження з відходами* – дії, спрямовані на попередження утворення відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, обробка, утилізація, видалення, знешкодження і поховання, включаючи контроль за цими операціями і нагляд за місцями видалення; 3) *утилізація відходів* – використання відходів як вторинних матеріальних або енергетичних ресурсів; 4) *вида-лення відходів* – проведення операцій з відходами, які не приводять до їх утилізації.

**Державний облік відходів** – єдина державна система збору, узагальнення, всебічного аналізу і збереження відомостей про відходи під час їхнього

**Ідентифікація відходів** – віднесення відходів до певних категорій і класифікаційних груп, виходячи з їхнього походження, різноманітності сполук, стану, небезпеки для навколишнього середовища, здоров'я людини, технологічних

Для вибору найприйнятніших методів переробки, утилізації і видалення відходів необхідно їх класифікувати.

*Класифікація відходів* – процес впорядкування даних про відходи, що включає: 1) ідентифікацію відходів відповідно до їх стану, складу і властивостей; 2) співвідношення з певним процесом утворення і видом економічної діяльності; 3) віднесення до будь-яких інших діючих систем групування або переліків (забруднень, вторинних ресурсів, токсикантів і т.д.), категорій речовин, матеріалів і інших об'єктів; 4) віднесення до певних видів переробки, утилізації і видалення відходів. Як видно з визначення, залежно від цілей, задля яких створюється класифікатор, класифікацій відходів може бути достатньо багато.

Класифікація здійснюється за наступними параметрами: за місцем утворення; за видами діяльності підприємств; за стадіями виробничого циклу; за операціями; за агрегатним станом; за кла-

**Паспортизація відходів** – процес послідовного збору, узагальнення й збереження відомостей про кожний конкретний вид відходів, їх походження; технічні, фізико-хімічні, технологічні, екологічні, санітарні, економічні та інші показники; методи їхнього виміру й контролю, а також про технології їхнього збору,

сом токсичності; за ступенем збитку, що наноситься навколишньому середовищу і здоров'ю населення тощо. Наприклад, класифікація за місцем утворення відходів: 1) виробничі (промислові; сільськогосподарські); 2) побутові (комунальні); 3) відходи споживання; 4) радіоактивні.

*Виробничі відходи* – це різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції або виконанні робіт.

*Відходи споживання* – різні вживані вироби і речовини, відновлення яких економічно недоцільне. Наприклад, зношені або морально застарілі машини, вироби виробничого призначення (відходи виробничого споживання), а також застарілі вироби домашнього вжитку і особистого споживання, що стали непридатними (відходи побутового споживання).

**Сукупність відходів виробництва і споживання, які можуть бути використані як сировина для випуску корисної продукції, називається вторинними матеріальними ресурсами (ВМР).** Виходячи з можливості використання ВМР, їх можна розділити на

**реальні і потенційні ресурси. Реальні ВМР – ті ресурси, для використання яких створені ефективні методи і потужності для переробки, а також забезпечений ринок збуту; потенційні ВМР – усі види ВМР, що не входять до групи реальних.**

Класифікація по *галузях промисловості*: відходи хімічної промисловості; відходи металургійної промисловості; відходи електротехнічної промисловості тощо.

Класифікація за *видами виробничої діяльності*: відходи сірчаноокислотного виробництва; відходи автоскладального виробництва; відходи підшипникового виробництва тощо. Перелік видів *агрегатного стану* відходів: рідкі; тверді; шламоподібні (пастоподібні); газоподібні; змішані; невизначені. Всі промислові відходи можна розділити на два види: *нетоксичні і токсичні*.

Оцінка небезпеки речовини здійснюється тільки експериментально: спочатку на тваринах, а потім – на людині. При класифікації враховується реальна і потенційна небезпека відходів. *Реальна небезпека* визначається можливістю розвитку отруєння і оцінюється за значеннями експериментально встановлених показників. *Потенційна небезпека* визначається вірогідністю попадання токсину в організм при вдиханні, з їжею або при нанесенні на шкіру.

**З існуючих класифікацій відходів за токсичністю найбільш цікава класифікація, вживана в гігієнічній практиці. Виділяється чотири класи небезпеки, на підставі середньолетальних доз (ЛД<sub>50</sub>) і ГДК речовин: 1-й клас небезпеки – *надзвичайно небезпечні*; 2-й –**



**високо небезпечні; 3-й – помірно небезпечні; 4-й – мало небезпечні.**

**Клас безпеки відходів встановлюється залежно від вмісту в них високотоксичних речовин розрахунковим методом або згідно з переліком відходів, наведеним у Державному класифіка-торі відходів.**

Основні методи поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) за кінцевою метою можна умовно розділити на три групи: 1) *ліквідаційні* (вирішують, в основному, санітарно-гігієнічні задачі); 2) *утилізації* (вирішують задачі економічні – використання вторинних ресурсів); 3) *змішані*.

За технологічним принципом методи поводження з ТПВ розділяють на: біологічні, термічні, хімічні, механічні, змішані. Найбільшого поширення в Україні набули такі технології утилізації: складування на полігонах або звалищах (ліквідаційна біолого-механічна), спалювання (ліквідаційна термічна), компостування (біологічна утилізація).

*Система управління промисловими відходами* – це частина загальної системи управління (у масштабі країни, регіону, промислового комплексу або його структурного підрозділу), до складу якої належать організаційна структура, діяльність з планування, обов'язки і відповідальність, практика, процедури, процеси і ресурси для формування, впровадження, досягнення, аналіз і актуалізація політики у сфері поводження з відходами.

У системі управління відходами доцільно виділити: адміні-стративні, економічні, інформаційні методи. *Адміністративні методи* визначають, як саме повинен діяти суб'єкт при поводженні з відходами для дотримання встановлених норм, вимог і правил. Крім того, передбачають пряме регулювання і обов'язковість виконання встановлених розпоряджень, тобто, носять

примусовий характер. З допомогою *економічних методів* здійснюється непряме регулювання. Діяльність суб'єктів господарювання спрямована на створення відповідних умов. *Інформаційні методи* не є самостійними, але сприяють пошуку нових шляхів і засобів управління сучасними технологіями створення баз даних. Всі методи не виключають один одного, а взаємно доповнюють.

Проблеми, пов'язані із відходами та їх впливом на стан і якість довкілля, є надзвичайно актуальними для України. Основною причиною несприятливої ситуації є відсутність в Україні системи управління промисловими відходами, заснованої на принципах раціонального природокористування і екологічного благополуччя екосистеми в цілому, і людей як її складової частини, що базується на сучасних технологіях.

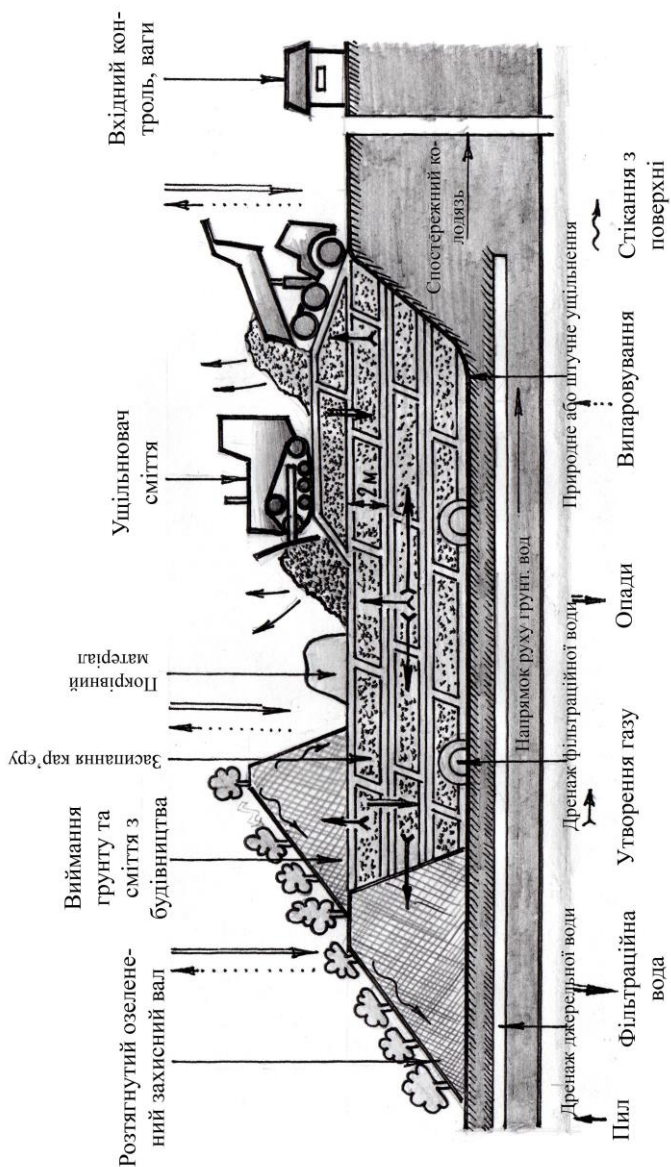
Це одна із хворобливих проблем, що вимагає термінового рішення. За даними Програми навколишнього середовища ООН, пластикове сміття є причиною загибелі понад 1 млн. морських птахів на рік, а також більше як 100 тис. морських ссавців. У шлунках померлих морських птахів знаходять шприци, запальнички, зубні щітки – усі ці предмети птахи заковтують, приймаючи їх за їжу.

Як вважається, пластик становить 90% усього сміття, яке плаває в океанах. У 2006 р. співробітники Програми навколишнього середовища ООН підраховали, що на квадратну милю океану припадає 46 тис. одиниць плавучого пластикового сміття. Традиційно сміття, яке потрапляло в океанські зони кругових течій, піддавалося гниттю й іншим процесам біорозпаду. Але сучасний пластик настільки довговічний, що на Північно-Тихоокеанському смітнику виявляють предмети піввікової давнини. Вважається, що піонером серйозного захисту навколишнього середовища від поліетиленових пакетів є влада Ірландії.

Не зважаючи на деяке зниження темпів надходження в навколишнє середовище промислових відходів, їх подальше накопичення в біосфері триває.

На 01.01.1997 р загальна маса накопичених на території України твердих відходів перевищила 25 млрд. т; в перерахунку на 1 км<sup>2</sup> площі це складає біля 40 тис. т, що є найбільшим показником утворення і накопичення відходів у світі. Якщо в 1980 р. на одного жителя України припадало 240 т накопичених відходів, у 1990 р. – 318 т, то в даний час – близько 500 т, при цьому щороку додається ще 2 млрд. т. Вони займають площу близько 250 тис. га. Щорічне утворення відходів (наприклад, у 2006 р. – близько 750 млн. т, у т.ч. близько 3 млн. т небезпечних) та обсяги їх накопичення (понад 35 млрд. т, у т. ч. 20,1 млн. т небезпечних) є безпрецедентними в Європі (Виговська Г. П., Міщенко В. С., 2009). Найбільш відходів утворюється на підприємствах металургійного і нафтохімічного комплексів; тільки 10-12 % від них знаходять застосування на ВМР. В Україні налічується 11 *техногенних родовищ*, які поставлені на державний баланс та виділено 15 потенційних техногенних родовищ, які є комплексними та потребують додаткового вивчення.

За даними Моторіна Є. М. (2001), у містах і селищах міського типу щороку нагромаджується близько 40 млн. м<sup>3</sup> ТПВ, які розміщуються на майже 700 міських звалищах (рис. 4.15), з яких 80% експлуатуються без дотримання запобіжних заходів щодо упередження природних середовищ, та знешкоджуються на 3 сміттєспалювальних заводах, технологія яких не відповідає вимогам екологічної безпеки. Під звалища зайнято понад 2600 га земель; найбільші площі в Дніпропетровській (140 га), Донецькій



**Рис. 4.15** – Переріз сміттєзвалища та важливі потоки

(330 га), Одеській (195 га) і Запорізькій (153 га) областях. В Україні накопичилося понад 5 млрд. м<sup>3</sup> (2 млрд. т) ТПВ.

Сьогодні на кожного жителя країн, що розвиваються, припадає 300 кг твердих побутових відходів на рік, а у розвинених країнах ця цифра сягає 750 кг. У країнах СНД на смітниках, у відвалах і інших місцях зберігання накопичилося понад 50 млрд. т відходів. Ними зайнято понад 4 млн. га сільськогосподарських земель. У Британії виробляється більше побутових відходів, ніж у будь-якій іншій країні ЄС. Якщо так підуть справи далі, площі, доступні під відходи, в цій країні вичерпаються вже через 9 років.

Основою нормативно-правової бази поводження з відходами є закони України «Про охорону навколишнього природного середовища» (№1264-12 від 25.06.91), «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення» (№4004-12 від 24.02.94), Кодекс України про надра (№133/94-ВР від 27.07.94), «Про поводження з радіоактивними відходами» (255/95-ВР от 30.06.95), «Про відходи» (№187/98-ВР від 05.03.98), Ухвала КМУ «Санітарні правила облаштування і утримання полігонів для твердих побутових відходів» (№117 від 22.02.1994 р.), Ухвала КМУ «Про створення промислової інфраструктури по знищенню заборонених і непридатних пестицидів» (№294-р від 01.06.2002 р.), Ухвала КМУ «Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки і утилізації відходів як вторинної сировини» (№915 від 26.07.2001 р.) та інші нормативно-законодавчі акти.

Аспект впливу ТПВ на навколишнє середовище досить широкий і розглянутий у численних літературних джерелах. Ми зупинимося тільки на одному новому аспекті впливу, про яке заговорили після повені в Закарпатті в 1998 р. Мова йде про те, що ріки стали дійсними сміттепроводами. Гамор Ф. (1998), директор Карпатського біосферного заповідника, відзначає, що всі берегові насадження р. Тиси на кілька метрів, від самого крайнього гірського населеного пункту й, імовірно, до самого Дунаю, обліплені різноманітними побутовими відходами. Це може

спричинити виникнення епідемій та інших екологічних лих. Необхідно враховувати також, що відходи є зворотною стороною нерационального енергоресурсовикористання і в них гине більша частина енергетичних і матеріальних ресурсів держави. На думку Бройде З. Б. (1995), через невизначеність державної політики у сфері поводження з відходами, відсутність систем класифікації, сертифікації й переробки відходів ми перериваємо колосальний кругообіг речовини й енергії.

У другій половині 1960-х рр. настала епоха «сміттевої цивілізації». У розвинених країнах обсяг відходів промисловості, сільського господарства й побутової сфери досяг величезних розмірів – 10 млрд. т на рік. Запаси вторинної сировини в розвинених країнах дорівнюють запасам природних (первинних) ресурсів, тому вони є важливим джерелом забезпечення цих країн чорними й кольоровими металами, папером, добривами й т. ін. (Боков В. О. та ін., 1996).

Систематизація даних про відходи – це не просто екологічні витрати, як вважає дехто, а найбільш перспективні джерела доходів. Так, 12 держав Європи, узятих разом, продукують відходів стільки, скільки їх створює одна Україна. В них щороку переробляється більше 400 млн. т відходів, завдяки чому вони одержують більше 40 млн. доларів прибутку й мають велику кількість робочих місць.

У розвинених країнах прийняті закони щодо обов'язкової переробки відходів з урахуванням впливу на навколишнє середовище й ступеня потенційної небезпеки відходів. Причинами введення таких законів є ріст обсягу відходів, складність або навіть неможливість виділення нових площ для смітників, протест населення проти виділення полігонів для відходів. Так, відбулося активне протистояння населення проти виділення полігона для

ТПВ у с. Сороковка поблизу Харкова. Недоцільно зупинятися на всіх цих питаннях, покажемо тільки на одному прикладі, як рішення проблеми побутових відходів впливає на створення нетрадиційних джерел енергії – одержання *біогазу*.

В останні десятиріччя минулого століття в багатьох країнах світу активізувалися пошуки нетрадиційних джерел енергії. Вивчається енергетичний потенціал, створюються й удосконалюються методи використання біомаси, у тому числі, відходів сільськогосподарського виробництва (рослинні залишки, гній), лісового господарства, міських стічних вод, твердих побутових відходів і т. ін. Досліджуються можливості й розробляються засоби одержання палива з біомаси шляхом спалювання, сухої перегонки, гідролізу, аеробного й анаеробного розкладання.

ТПВ, на 55-60 % складаються з органічних фракцій, також розглядаються як значний потенціал джерел енергії.

**Біогаз** – це газ, який одержують метановим бродінням біомаси. Розкладання біомаси відбувається під впливом трьох видів бактерій. В ланцюжку живлення подальші бактерії харчуються продуктами життєдіяльності попередніх. Перший вид – бактерії гідролізни, другий – кислото-утворюючі, третій – метаноутворюючі. У виробництві біогазу беруть участь не тільки бактерії класу

**Анаеробне розкладання – один з найбільш відомих процесів перетворення біомаси в енергію. Основні продукти анаеробного розпаду органічної речовини – окис вуглецю, метан і заброджений**

Більшість досліджень підтверджує, що розкладання органічної речовини у ТПВ протікає майже ідентично зброджування сильно забруднених стічних вод або осаду очисних споруджень. З огляду на актуальність проблеми, розглянемо основні напрямки й результати наукових досліджень щодо цієї проблеми за кордоном.

Одним з головних етапів у дослідженнях щодо проблеми збору й використання біогазу, який утворюється на полігонах, є вивчення процесу розкладання ТПВ, швидкості його протікання, кількості газу, що утвориться на різних стадіях, визначення його сполук і властивостей, а також факторів, які впливають на перераховані показники.

Американські вчені Фаркухар, Ревенс і Ріне розрізняють п'ять фаз процесу розпаду ТПВ на полігонах: *I фаза* – аеробне розкладання; *II фаза* – анаеробне розкладання без виділення метану; *III фаза* – анаеробне розкладання з непостійним виділенням метану; *IV фаза* – анаеробне розкладання з постійним виділенням метану; *V фаза* – згасання анаеробних процесів. I й II фази мають місце в перші 10-50 днів з моменту укладання відходів, час протікання III фази – від 180 до 500 днів. Протягом IV фази склад й інтенсивність виділення біогазу залишаються постійними, якщо не порушуються ніякі інші умови на полігоні. Час цієї фази залежить від безлічі факторів і оцінюється різними авторами для різних випадків у 10-30 років. У цей період можливе промислове одержання й утилізація біогазу.

Серед великої кількості факторів, що впливають на процеси утворення біогазу на полігонах, до перспективних



відносяться ті, які забезпечують життєдіяльність і активність метанових бактерій (мікроорганізмів): вологість, *pH*, температура, морфо-логічний склад відходів, щільність, хімічний склад, умови *складування відходів* – площа, об'єм, глибина полігону (висота складування відходів).

З перерахованих факторів найбільш важливим є *вологість*. Вміст води повинен забезпечувати можливість максимального розподілу живлення й самих бактерій по об'єму полігону. Проведеними дослідженнями встановлено, що максимальний вихід біогазу досягається при вологості 40-45 % і *pH* 6,5-8,0. Оптимальний температурний режим для одержання біогазу при анаеробному процесі розкладання ТПВ на полігонах – 29-38 °С.

Однією з важливих фізичних характеристик складування ТПВ є *щільність*. Вона впливає на швидкості плину анаеробних процесів розкладання, кількість та інтенсивність виділення біогазу, що утворюється. При нещільній укладці відходів збільшується об'єм порожнеч і зменшується вихід біогазу. Збільшення щільності складування ТПВ може бути досягнуте шляхом пресування й укладання тюками (брикетами),] трам-бування спеціальними ковзанками. Щільність ТПВ підвищується зі збільшенням площі й глибини полігону, а також часу, що пройшов з моменту укладання відходів (природне ущільнення).

Для одержання біогазу в більших кількостях, що дозволяють використати його в господарських цілях, розроблено кілька методів. Вони застосовуються залежно від конкретних умов кожного полігону. При рішенні питань використання того чи іншого методу, в першу чергу, ураховуються: рівень ґрунтових вод; час, що пройшов з моменту закриття полігону; яким матеріалом зроблена

ізоляція верхнього шару відходів, чи будуть застосовуватися міри для підвищення якості й об'ємів виходу біогазу.

Аналіз практичного застосування наукових розробок в області збору й утилізації біогазу на смітниках ТПВ за кордоном показали наступне: розрахунки американських фахівців свідчать про те, що рентабельне використання біогазу можливо лише на полігонах місткістю більше 1 млн. т.

На смітнику Нью-Йорка (ділянка  $60 \times 90$  м), з 100 пробурених свердловин щодоби одержують 110 тис.  $\text{м}^3$  біогазу, теплота спалення якого після очищення за добу становить  $36\,453 \text{ кДж/м}^3$ . Цей газ подається безпосередньо в газорозподільну мережу, по якій він у суміші із природним газом надходить до споживачів.

У штаті Південна Кароліна створена установка для одержання біогазу з полігону ТПВ площею 12 га й глибиною 12 м. На цьому смітнику збір біогазу виробляється за допомогою 18 свердловин. Надалі він піддається сушінню й очищенню в адсорбентах. Зі смітників штату Флорида проектом передбачається одержувати 198,1 тис.  $\text{м}^3$  біогазу на добу. У Каліфорнії на закритому в 1969 р. полігоні площею 61 га й місткістю 3,25 млн. т ТПВ в 1981 році розпочате одержання біогазу з 30 пробурених свердловин. Біогаз використовується для опалення й гарячого водопостачання готелю, плавального басейну, пральні. Його споживання становить від 270 до 810  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

На околицях Лондона в 1982 р. на полігоні площею 20 га пробурені 20 свердловин, з яких одержують  $4000 \text{ м}^3/\text{год}$ . біогазу. Найнижча теплота згоряння біогазу  $20\,112 \text{ кДж/м}^3$ . По трубо-проводу довжиною 4 км він надходить на місцеву фабрику й дозволяє заощаджувати 15 тис. т рідкого палива на рік. Всього у Великобританії є більше 300 полігонів,

придатних для одержання біогазу в кількості, еквівалентній приблизно 1,3 млн. т умовного палива.

У Німеччині майже 300 полігонів ТПВ оснащені установками по збору й утилізації біогазу.

Використанням біогазу, одержуваного на полігонах ТПВ, займаються у Франції, в Італії, Індії, Швеції та в інших державах.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що аеробний процес із виділенням метану йде в слабко-лужному середовищі при  $pH$  7,1-7,8. При  $pH < 7,0$ , характерній для «молодих» відходів, виділення метану незначне й організація промислового одержання його економічно недоцільна.

Максимальна кількість біогазу виділяється при  $pH$  7,6-7,8. При цьому щільність повинна дорівнювати 0,95 і теплота згоряння має бути в межах 2000-24 000 кДж/м<sup>3</sup>.

Найбільш активним при сушінні й очищенні від шкідливих домішок є сірководень ( $H_2S$ ).

При розкладанні ТПВ з кожної тонни відходів утворюється до 250 м<sup>3</sup> сирого біогазу з теплою згоряння 4655-20 950 кДж/м<sup>3</sup> і наступною усередненою сполукою: метан – 50-65 %; вуглекислий газ – 30-45 %; сірководень – 1-2 %; азот і водень – 1-2 %, а також невелика кількість кисню й різних сполук.

Відомі, звичайно, й інші засоби використання твердих побутових відходів. Це, як було вище відзначено, будівництво смітничково-переробних заводів. Але, на жаль, дешевина звалищ ТПВ, відсутність екологічного контролю й законів, низька вартість сировини в минулі роки привели до некерованого їх поширення. Для населених міст України в цілому ця проблема надзвичайно актуальна, тому ми були змушені розглянути її, хоча б тільки в аспекті одержання якогось прибутку від полігонів ТПВ.

**Проблеми транспорту і туризму.** *Транспорт* є одним з найважливіших джерел забруднення атмосфери. Баланс

викидів транспорту: автомобільний – 70%, сільськогосподарський – 9,4%, повітряний – 7,3%, водний – 4,1%. Понад 300 млн. авто-машин щодня викидають у повітря 800 тис. т чадного газу ( $CO$ ), близько 1 тис. т свинцю. Один автомобіль, проходячи за рік 15 тис. км, потребує близько 4 т кисню, спалює 2-3 т палива й викидає в довкілля 3250 кг  $CO_2$ , 530 кг  $CO$ , 27 кг  $NO_x$ , 10 кг гумового пилю. До складу вихлопних газів входить близько 200 хімічних сполук, з яких найбільш токсичні  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $C_nH_m$ , альдегіди,  $Pb$ . У великих містах автотранспортом викидається близько 90%  $CO$ , 70%  $C_nH_m$  та 90-98%  $Pb$ . При спаленні бензину в повітря надходить свинець, який входить до антидетонаторної добавки –  $(C_2H_5)_4Pb$  або  $(CH_3)_4Pb$ . Транспорт є джерелом пилю, а також шуму і вібрації. Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферу в складі відпрацьованих газів, залежить від типу двигуна, режиму його роботи і загального технічного стану автомобіля. Так, при порушенні регулювання карбюратора викиди  $CO$  збільшуються в 4-5 раз. Максимальний викид бенз(а)пірену у вихлопних газах бензинового двигуна відмічається на холостому ходу, при роботі в режимі великих навантажень. Викид вихлопних газів відбувається поблизу органів дихання людини. Більшість компонентів вихлопних газів автомобілів негативно впливають на організм людини, а окремі компоненти беруть участь в утворенні смогу.

Найбільш характерною взаємодією автотранспорту з навко-лишнім середовищем є витрата палива, води і повітря двигунами автомобілів і викиди продуктів згоряння, картерних газів, парів палива з карбюратора і паливного бака а також вплив на літосферу.

У Китаї й Індії зараз налічується 600 млн. велосипедів. На жаль, в світі майже стільки ж автомобілів. Це приблизно в два рази більше, ніж було в 1970 р. У США автомобілем володіє кожен другий мешканець. У Африці

на 1000 мешканців припадає 9 автомобілів, в Індії – 2, в Китаї – 0,4.

Транспорт витрачає 30 % вироблюваної в світі енергії (82 % цієї

кількості використовують безпосередньо транспортні засоби), в той же час на транспорт припадає 60 % викидів оксиду вуглецю, 42 % – оксиду азоту, 40 % – вуглеводнів, 18 % – діоксиду вуглецю.

Здійснюється інтенсивний пошук альтернативи нафті як паливу. У Бразилії та інших країнах спеціально вирощують зернові культури для переробки в етиловий спирт і бензин. У Бразилії приблизно 30% автомобілістів їздить на чистому етиловому спирті, ще більше – на суміші бензин-спирт. У багатьох країнах як автомобільне паливо широко використовується газ. Наприклад, 300 тис. автомобілів Італії працюють на зрідженому природному газі.

Велике значення має витрата палива автомобілем. У США зараз середній автомобіль споживає в два рази менше бензину, ніж 20 років тому. Результат разуючий: з 1976 по 1987 р. вміст свинцю у вихлопних газах там зменшився на 87 %. Проте сумарний ефект маскує зростання числа автомобілів. Необхідно підкреслити, що приватні автомобілі продукують більше шуму, більше викидів і більше споживають палива. Наприклад, автобус на 45 пасажирів виділяє в чотири рази менше вихлопних газів і витрачає в п'ять разів менше палива на один пасажиро-кілометр, ніж легковий автомобіль.

Літаки досить ефективно витрачають паливо і менше, ніж інші види транспорту, забруднюють атмосферу. Авіація породила туристичний бум. Число туристичних поїздок за останні 20 років потроїлося, а обіг досяг 300 млрд. доларів на рік. Щороку майже 450 млн. туристів проживають у готелях, на віллах, у приватних будинках, туристичних таборах.

Туризм, як і інші види людської діяльності, спричиняють на довкілля певний вплив. У минулому туристична діяльність через недостатнє планування і управління призвела до численних негативних наслідків для природного середовища території-ально-рекреаційних районів. Природні ресурси, які власне і приваблювали туристів у першу чергу, зараз знаходяться під загрозою деградації і виснаження.

Узбережжя є одним з найбільш привабливих місць рекреації і, разом з тим, однією з найбільш вразливих екосистем. Проблеми, спричинені розвитком туризму в таких місцях, дуже подібні, незалежно від типу водойми. Сільський туризм в деяких країнах (Швеції, Норвегії, Німеччині, Австрії, Швейцарії, Великобританії, за проектами в українських Карпатах) є одним з основних видів туризму. В гірських регіонах і сільській місцевості спостерігається висока рекреаційна і туристична активність. Така діяльність у вразливій гірській екосистемі створює певні проблеми. Екологічні проблеми в містах створює в основному пізнавальний туризм (історичні центри Франції, Італії, Австрії, Великобританії, Іспанії, Чехії, Хорватії, Німеччини, Київ і Львів в Україні). Неконтрольований розвиток туризму в різних країнах спричинив також певні соціальні проблеми, що виникають переважно через обмеженість природних ресурсів.

Толбі М. К. підкреслює, що як птах, який паскудить у власному гнізді, туристи зіпсували багато з охоче відвідуваних місць. Плєжі перетворилися на бетонні джунглі з висотних готелів, оточені барами і ресторанами. З тіла одного середньостатистичного пляжника за 10 хвилин змивається до 10 млн. бактерій. Від однієї людини за день купання у воду надходить 94 мг фосфору, 778 мг – натрію, 735 мг – калію, 1333 мг – хлору.

Якщо припустити, що від чорноморських пляжників у воду надходять ті ж самі речовини і в тих же кількостях, то близько 20 млн. відпочиваючих, які щорічно їдуть до Чорного моря, за 100 днів курортного сезону вносять у його прибережну зону приблизно 1900 т фосфору, 1600 т – натрію, 1500 т – калію, 2700 т хлору.

На Середземномор'я припадає 36% світового потоку туристів, і воно ледве справляється з ними. У місцях перебування туристів різко зросла витрата води і енергії, утворюється величезна кількість відходів, які потрібно видаляти. За тиждень 3 000 пасажирів круїзного корабля виробляють 796 тис. л нечистот, скидають у море 3,5 млн. л води з душів, лазень і пральних машин, 140 тис. л води з унітазів і понад 8 т твердих побутових відходів. У Єгипті один туристичний готель споживає стільки електроенергії, скільки її потрібно для 3600 сімей середнього достатку. Обстеження 1200 пляжів у Франції показало, що 30 % з них непридатні для купання через забруднення стічними водами. Навіть у районі гори Еверест, у Непалі, туристи й альпіністи споживають стільки палива і залишають стільки сміття, що це перевищує усі можливості території.

У розв'язанні цієї проблеми певні зрушення все ж таки є. Так, на конференції ООН в Ріо-де-Жанейро було повідомлено, що Олімпійський комітет надалі в своїй повсякденній діяльності враховуватиме також і проблеми охорони природи. Наприклад, в японському місті Нагано, столиці «Білої олімпіади», наперед був утворений комітет з охорони природи, що вивчав можливі шкідливі наслідки. В результаті змінене місце проведення змагань з біатлону, щоб не заподіяти шкоди рідкісним птахам. Організатори використовували нові, не шкідливі методи заморожування трас, транспортні засоби з низьким рівнем забруднення, вжили заходи щодо збереження енергоресурсів і зменшення накопичення відходів у місцях проведення ігор.

Певні заходи були вжиті під час проведення ігор 2000 р. в Сіднеї. Відомо, що влада Денвера в Америці, де в 1976 р. повинні були проводитися зимові Олімпійські ігри, не врахували вимог прихильників збереження природи під час споруди гірськолижних трас, стрільбищ для біатлону. В результаті ігри з Денвера довелося перенести в Інсбрук (Австрія), де багато років тому ці ігри вже проводилися. Отже, немає сенсу претендувати на проведення Олімпіади без вирішення екологічних проблем.

Практично усі форми рекреаційно-туристичної діяльності негативно впливають на різноманітні екосистеми, а тому виникає необхідність екологізації традиційних форм туризму, а також створення екологічно орієнтованих напрямів, які дозволять відновляти і зберігати унікальні природні комплекси.

**Проблеми повеней, буранів, засух, антропогенних аварій.** На жаль, і тут людина теж стала причиною частішого їх виникнення. Про це свідчать такі факти. У 1960-х рр. відбулося 16 *стихійних лих*, в 1970-х – 29, у 1980-х – 68. В результаті 793 616 чоловік загинули у країнах, що розвиваються, і 34 834 – в розвинених країнах. І це без урахування засух.

*Несприятливі геологічні процеси* негативно впливають безпосередньо на комфортність проживання людини і біоти чи на необоротні компоненти середовища їх проживання, але не становлять безпосередньої загрози їх життю і місцю існування (наприклад, заболочування, карст, абразія, суфозія, яружна ерозія і т. ін.). Більше 25% населення світу живе в районах, підданих значному ризику від стихійних лих. Щороку відбувається в середньому 50 ураганів, 15-20 великих повеней, 20 сильних землетрусів і т.д. Процеси і явища, що являють безпосередню загрозу існуванню біоти (у тому числі й людині) утворюють наступний ряд (щодо зменшення негативного впливу): землетруси – виверження вулканів – цунамі – зсуви – селі – лавини – обвали, провали. Процеси і явища, що не несуть безпосередньої загрози існуванню біоти, але негативно



відбиваються на умовах життєзабезпечення людини: новоутворення і деградація мерзлоти – дефляція – заболочування – термокарст – водяна ерозія площинна – суфозія. Збиток від небезпечних геологічних процесів лише в Росії складає 16-19 млрд. доларів США на рік; тільки від ерозії наноситься збиток, оцінюваний у 2 млрд. доларів.

*Виверження вулканів* забрали 30 тис. життів. Вони викидають 20 млн. т сірки за рік (це половина того, що міститься в димових газах теплоелектростанцій). Хмари з пилу вулкана Пінатубо на Філіппінах викликали протягом 2-4 років зниження глобальної температури на 0,5 °С. У березні-квітні 2010 р. почалося виверження вулкану Ейяфьятлфйокудль. Стовп попелу над вулканом сягав 8-9 км. Над північно-західною частиною Європи сформувалася хмара вулканічної пилу на висоті 9-10 км, яка паралізувала роботу повітряного транспорту більшої частини Європи. У цілому вулкан Ейяфьятлфйокудль вважався відносно спокійним, і останній раз його виверження спостерігалось в 1821 р., але протягом двох років. Проте інші вчені дотримуються думки, що викиди такої кількості попелу в атмосферу не можуть не вплинути на кліматичну ситуацію. На думку експертів за виверженням можливо піде випадання кислотних дощів, похолодання і певна зміна клімату – в який бік проте поки не відомо. Експерти пророкують людям проблеми дихальної системи, шлунково-кишкового тракту. Правда це у випадку, якщо вулканічний попіл випадає на Землю. Безумовно, найбільша небезпека для здоров'я існує для мешканців сусідніх з вулканом районів. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендувала по можливості знаходитися в приміщеннях.

*Землетруси* відбуваються в основному через порушення збалансованих навантажень у земній корі, від заповнення крупних водосховищ, закачування рідких відходів у свердловини і при підземних ядерних вибухах. Найбільш руйнівним може вважатися землетрус в містечку Шеньсі провінції Сіань на березі річки Хуанхе в середині XVI ст., тоді загинули, понад 830 тисяч чоловік. У 1976 р. потужний землетрус (7,8 бала за шкалою Ріхтера) в місті Тяншань недалеко від Пекіна став причиною загибелі 242 тисячі чоловік. Це найбільш руйнівний землетрус у світі за кількістю жертв у двадцятому столітті.

*Тропічні бурани* тільки в Бангладеш у 1970 і 1985 рр. забрали 311 тис. життів – 89 % від загального числа загиблих за 30 років.

Від *засухи* в 70-ті рр. минулого сторіччя постраждало 24 млн. чоловік, а в 80-ті – 40 млн. чоловік тільки в Африці.

Величезну шкоду приносять *пожежі*. У 1982 р. від пожеж в Індонезії загинуло 3,6 млн. га ліси. Більше 2 млн. га постраждало в США в 1988 р. В результаті 75 тис. пожеж в атмосферу було викинуто 1,7 млн. т частинок диму і пилу.

За останні 20 років зафіксовано 1000 *аварій танкерів*, більше 5 млн. т нафти вилилося в море. Протягом дев'яти місяців 2009 р. в Україні сталося понад 280 надзвичайних ситуацій, внаслідок яких загинуло 343 і постраждало 867 осіб.

*Аварії на виробництві* за останні роки забрали 8 тис. життів, число поранених склало 20 тис. чол.

Приховує загрозу й *енергетика*. До кінця 90-х рр. в світі функціонувало 423 ядерні реактори. Тільки в США за 2 місяці 1976 р. зупинили 16 реакторів, в другій половині 1982 г. – 44, а за 6 місяців 1985 – 195 реакторів. Найтяжча аварія – Чорно-бильська. Через чотири роки число загиблих вже складало 250-350 чоловік, а збиток оцінювався в 15 млрд. доларів (цифра наведена за даними доповіді в ООН). Немало лиха від цих стихій коїться і на Україні. Але збитки в основному матеріальні. Людських втрат, на щастя, майже немає.

**Проблеми війни і миру.** Для України ця проблема не актуальна, але у світі не буває жодного дня, щоб не відбувалися військові дії. Стосовно світової ситуації з цього питання, то витрати на військові потреби за останні 20 років склали 17 млрд. доларів, тобто 1,6 млн. доларів за хвилину. На військові потреби йде 6 % світового

видобутку нафти і стільки ж алюмінію, міді, нікелю, платини, тобто стільки, скільки споживають всі країни Африки, Азії і Латинської Америки разом узяті. У військовому комплексі зайнято 60 млн. людей, зокрема 3 млн. вчених і інженерів.

У 1970-1990 рр. війна у В'єтнамі зумовила загибель лісів, полів, людей, тварин. У Кувейті в результаті військових дій розлита величезна кількість нафти, підпалено 613 свердловин. Щодня згорало від 4 до 8 млн. барелів нафти. Хмари закривали Сонце. На півночі Перської затоки знизилася температура повітря.

**Екоцид – це (від грец. оіκος – будинок і лат. caedo – вбиваю) – масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також здійснення інших дій, здатних викликати екологічну катастрофу.**

Після Другої світової війни залишилася величезна кількість снарядів, що не вибухнули, які продовжують залишатися небезпечними. Жителі нашої планети підпадали під опромінення радіоактивними опадами, пов'язаними з випробуванням ядерної зброї в атмосфері (максимум припадає на 1954-1958 і 1961-1962 рр.). Після підписання в 1963 р. Договору про обмеження випробувань ядерної зброї в атмосфері, під водою і в космосі, лише Китай та Франція провели ряд ядерних вибухів на земній поверхні (останній в 1980 р.). Частина радіоактивних речовин випадає недалеко від місця вибуху, частина потрапляє до тропосфери й переміщується з вітром звично на тій же широті, а основна частина надходить до стратосфери і протягом багатьох місяців повільно опускається та розсіюється по усій поверхні Землі. Дози від різних радіонуклідів різні, тому що вони мають різні періоди

піврозпаду. Більшість радіонуклідів розпадається швидко. Сумарна очікувана колективна ефективна еквівалентна доза від всіх ядерних випробувань, проведених у атмосфері, складає 30 млн. людино-зівертів. До 1980 р. людство одержало лише 12 % від цієї дози, а решту воно буде одержувати іще млн. років.

До 1990 р. проведено 1818 ядерних випробувань (489 в атмосфері і 1329 під землею), що не пройшло безслідно для планети. На жаль, майже постійно зараз відбуваються нові випробування, все нові країни стають ядерними державами. Слід підкреслити, що в даний час вже починають використовувати військову промисловість в мирних цілях, що пов'язано з конверсією. У Китаї військова промисловість випустила близько 20 % мирної продукції, а до кінця сторіччя показник досягав вже 50%. Проте існує волаюча невідповідність між витратами на мирні і військові потреби. Так, асигнування ЮНЕП на охорону навколишнього середовища наприкінці минулого сторіччя склали суму, яка витрачається країнами світу на військові цілі за 15 днів. А грошей, витрачених за один день війни в Перській затоці, вистачило б на фінансування п'ятирічної програми імунізації дітей у всьому світі проти шести видів найнебезпечніших захворювань, що дозволило б щороку рятувати життя 1 млн. дітей.

Реймерс М. Ф. (1994) відмічає такі основні екологічні проблеми сучасності:

1) зміна клімату (геофізики) Землі на основі посилення теплового ефекту викидів метану та інших газових домішок, аерозолів, легких радіоактивних газів, зміни концентрації  $O_3$  в тропосфері та стратосфері;

2) засмічування (контамінація) та інше забруднення най-ближчого космічного простору;

3) загальне ослаблення стратосферного  $O_3$ , утворення великої «озонової дірки» над Антарктидою, малих «дірок» над іншими регіонами планети;

4) забруднення атмосфери з утворенням кислотних опадів, сильно токсичних і згубно діючих ЗР внаслідок повторних хімічних реакцій, в тому числі фотохімічних (у цьому одна з основних причин руйнування озонового шару, на який впливають ХФУ, пари  $H_2O$ ,  $NO_x$ , малі газові домішки);

5) забруднення Світового океану, поховання в ньому (дампінг) отруйних і радіоактивних речовин, насичення його  $CO_2$  з атмо-сфери, надходження в нього антропогенних нафтопродуктів, інших ЗР, особливо важких металів і складних органічних сполук, підкислення мілководь за рахунок забруднення  $SO_x$  і  $NO_x$  атмосфери, розрив нормальних екологічних зв'язків між океаном і водами суші у зв'язку з будівництвом дамб на ріках;

6) виснаження і забруднення поверхневих вод суші, континентальних водоймищ, підземних вод; порушення балансу між поверхневими і підземними водами;

7) радіоактивне забруднення локальних ділянок і деяких регіонів, особливо в зв'язку з поточною експлуатацією атомних пристроїв, чорнобильською аварією і випробуванням ядерної зброї;

8) зміна геохімії окремих регіонів планети в результаті, наприклад, переміщення важких металів і концентрування їх на поверхні землі при нормальній дисперсності в літосфері;

9) накопичення, що продовжується, на поверхні суші отруйних радіоактивних речовин, побутового сміття і промислових відходів, особливо практично нерозкладних і дуже стійких, типу поліетиленових виробів, інших пластмас; виникнення повторних хімічних реакцій у всіх середовищах з утворенням токсичних речовин;

10) порушення глобальної екологічної рівноваги, співвідношення екологічних компонентів, в т.ч. зсув екологічного балансу між Світовим океаном, його прибережними водами і впадаючими в нього поверхневими і підземними водами суші;

11) утворення техногенних пустель у нових регіонах планети, розширення вже існуючих пустель, поглиблення самого процесу утворення пустель (загальна площа пустель і напівпустель 48,4 млн. км<sup>2</sup>, з них на частку антропогенних припадає не менше ніж 10 млн. км<sup>2</sup>);

12) скорочення площі тропічних дощових лісів і тайги, яке веде до дисбалансу кисню і посилення процесу зникнення видів тварин і рослин (вважається, що під загрозою зникнення знаходиться близько 10 тисяч видів);

13) звільнення і утворення в ході вищезгаданого процесу нових екологічних ніш і заповнення їх небажаними організмами, шкідниками, паразитами, збудниками нових захворювань рослин, тварин, включаючи людину;

14) абсолютне перенаселення Землі і демографічний вибух в окремих регіонах;

15) погіршення середовища життя в містах і сільській місцевості, збільшення шумового забруднення, стресів присутності, забруднення повітря промисловістю, транспортними засобами, зорового придушення людини високими будівлями, виникнення «смуtku нових міст», дискомфорту знеособленого будівництва, напруженого темпу міського життя і втрати соціальних зв'язків між людьми, виникнення «психологічної втоми».

Деякі проблеми надзвичайно важливі для життєдіяльності населення держави. Серед них підкреслимо проблеми *фізичного забруднення*, пов'язаного зі зміною температурно-енергетичних, хвильових і радіаційних параметрів зовнішнього середовища.

**Шумове забруднення** навколишнього середовища – це звуковий бич нашого часу, очевидно найнестерпніше з усіх видів забруднення зовнішнього середовища. Поряд із проблемами за-

**Забруднення фізичне** – це забруднення, пов'язане зі зміною фізичних параметрів середовища: температурно-енергетичних (теплове), хвильових (світлове, шумове й електромагнітне), радіаційних (радіаційне, радіоактивне).

бруднення повітря, ґрунту й води людство зіштовхнулося з проблемою боротьби із шумом. З'явилися й поширюються такі поняття, як «акустична екологія», «шумове забруднення навколишнього середовища» та ін. Все це обумовлено тим, що шкідливий вплив шуму на організм людини, на тваринний і рослинний світ безперечно, встановлено наукою. Людина й природа усе більше страждають від його пагубного впливу.

**Забруднення шумове** – форма фізичного забруднення, що проявляється у збільшенні рівня шуму понад природного й при короточасній тривалості викликає занепокоєння, а при тривалій – ушкодження організмів, що його сприймають, або загибель.

Нормальний шум навколишнього середовища варіює в межах 35-60 дБ. Але до цього фону додаються все нові децибели, у результаті чого рівень шуму найчастіше перевищує 100 дБ (децибел).

Децибел (дБ) – це логарифмічна одиниця виміру шуму. 1 дБ – найнижчий рівень шуму, який людина ледь здатна уловлювати. Природа ніколи не була безмовною, вона не

безмовна, а безшумна. Звук – один із найдавніших її проявів, такий же давній, як сама Земля. Звуки завжди були та ще й навіть дивовижної сили й потужності. Але все-таки в природному середовищі переважали звуки шелесту листя, дзюркоту струмка й т. ін. Людина творила, і з'являлися все нові й нові звуки. Після винаходу колеса людина, за справедливим зауваженням відомого англійського акустика Тейлора Р., сама того не усвідомлюючи, посіяла перше зерно сучасної проблеми шуму. З народженням колеса звук став все частіше стомлювати й дратувати людину. Шум трамваїв, ревіння реактивних літаків, крики гучномовців тощо – це бич людства. Звук – один із видів енергії, при певних значеннях руйнуючий тверді тіла.

У 1959 р. була створена Міжнародна організація щодо боротьби із шумом. Зразкова (найпоширеніша) шкала рівня шуму наведена в табл. 4.2.

При рівні шуму 60-90 дБ виникають неприємні відчуття, при 120-130 дБ – болючі, при 150 дБ – незворотна втрата слуху, при 180 дБ – смерть. Підкреслимо, згаданий звук в 180 дБ викликає утому металу, а в 190 дБ – вириває заклепки з конструкцій. У середні століття існувала страта під дзвін. Шум дзвона повільно вбивав людини. Відомо, що крони дерев поглинають звуки на 10-20 дБ.

У Великобританії, наприклад, один із 4-ох чоловіків і одна із трьох жінок хворі на неврози через високий рівень шуму. Учені Австрії встановили, що шум скорочує життя міських жителів на 8-12 років. Загроза й шкода від шуму стануть більше зрозумілими, якщо врахувати, що в більших містах він щорічно зростає приблизно на 1 дБ. Провідний американський спеціаліст з шуму доктор Кнудсен Дж. заявив, що «шум – такий же повільний убивця, як і смог» (Чуднов В., 1980). Ізраїль – одна з найбільш шумних країн світу, як показав порівняльний аналіз даних



ізраїльського міністерства екології та Об'єднання розвинених держав. За цими даними 3% населення Ізраїлю живе при рівні шуму більше 70 дБ, 18% ізраїльтян витримують шумовий фон 65–70 дБ, шум 60–65 дБ супроводжує 25% населення Ізраїлю. У списку найбільш шумних країн Ізраїль знаходиться на другому місці після Японії. Найбільш тихі країни – Голландія та Австралія.

Шум може руйнувати рослинні клітки. Наприклад, експерименти показали, що рослини, піддані обстрілу звуками,

**Таблиця 4.2**

### **Шкала рівня шуму**

Рівень впливу шуму	Інтенсивність шуму, дБ	Характерні шумовиробники
Смертельний рівень	200 190 180	Вибух атомної бомби
Больовий поріг	150 130 130  120	Реактивний літак. Пневматична клепка. Сирена повітряної тревоги, свержшумова модна електромусика. Потужний гуркіт грому
Небезпечний рівень	110  100  90	Гучна музика, потужна косарка. Мотоцикл, електропоїзд, метро. Спортивний автомобіль, максимальна норма гучності звуку у виробничому приміщенні

Допустимий рівень	80	Пилосос, шум на шосе з дуже інтенсивним рухом.
	70	Вуличний шум.
	60	Нормальна розмова, робота пральної машини.
	50	Тиха вулиця.
	40	Норма гучності звуку вдень.
	30	Звук годинника, норма гучності звуку вночі.
	20	Домашній комфорт.
	10	Шелестіння листя від вітру

засихають і гинуть. Причиною загибелі є надмірне виділення вологи через листя: коли рівень шуму перевищує певну межу, квіти буквально виходять слізьми. Якщо гвоздику поставити поруч із працюючим на повну гучність радіоприймачем, квітка зав'яне. Дерева в місті вмирають набагато раніше, ніж у природному середовищі. Бджола втрачає здатність орієнтуватися й перестає працювати при шумі реактивного літака.

Людина не менш чутлива до шуму. Ніякий шум не проходить безслідно. Цікаво, що американський отоларинголог Розен С. встановив, що в африканському племені в Судані, не підданому впливу цивілізованого шуму, гострота слуху шістдесятирічних представників у середньому така ж, як у тридцятирічних людей, що живуть у гучному Нью-Йорку. В 20 % юнаків і дівчат, що часто слухають модну сучасну естрадну музику, слух виявився притупленим так само, як у 85-літніх людей.

Шум впливає на нервово-психічну діяльність організму й центральну нервову систему. Лиховісна роль його й у

захворюваннях серцево-судинної системи. Відомий терапевт академік М'ясников А. Л. попереджав, що шум може бути джерелом гіпертонії.

Шум впливає на зоровий аналізатор і вестибулярний апарат. Чим вище інтенсивність шуму, тим гірше ми бачимо й реагуємо на те, що відбувається. Цей перелік можна продовжити. Але необхідно підкреслити, що шум підступний, його шкідливий вплив на організм зовсім незримий, непомітний і має акумулюючий характер, більше того, *проти шуму організм людини практично не захищений*. При різкому світлі ми закриваємо очі, інстинкт самозбереження рятує нас від опіків, змушуючи прибрати руку від гарячого й т. ін., а від впливу шуму в людини немає жодної захисної реакції. Тому й існує недооцінка боротьби із шумом. Крім того існують *ультразвуки й інфразвуки*. Вони не менш небезпечні, хоча вухо їх і не сприймає. Вони впливають на інші органи чуттів, зокрема, багато нервових хвороб, властиві жителям промислових міст, що викликаються саме інфра-звуками, які нечутно проникають крізь найтовщі стіни.

Таким чином, із шумом необхідно боротися, а не намагатися звикнути. Боротьбі із шумом присвячена *акустична екологія*, метою і змістом якої є прагнення встановити таке акустичне оточення, що відповідало б або було співзвучне голосам природи, адже шуми техніки протиприродні всьому живому, що еволюційно склалося на планеті. Варто пам'ятати, що боротьба із шумом велася ще в давнину. Наприклад, дві з половиною тисячі років тому у відомій давньогрецькій колонії місті Сибарисі діяли правила, що охороняли сон і спокій громадян: заборонялися голосні звуки вночі, а ремісників таких гучних професій, як ковалі, бляхарі, виганяли за межі міста.

Допустимі рівні шуму на територіях різного господарського призначення не повинні перевищувати показників санітарних норм. Згідно з «Державними будівельними нормами України – ДБН 360-92, 2002) значення еквівалентного рівня шуму (дБ) такі: селищні зони населених місць –  $55 (з\ 7\ до\ 23\ год.) \div 45 (з\ 23\ до\ 7\ год.)$ ; для житлової забудови, що реконструюється –  $60 \div 50$ ; території житлової забудови поблизу аеродромів і аеропортів –  $65 \div 55$ ; зони масового відпочинку і туризму –  $50 \div 30-35$ ; санітарно-курортна зона –  $40-45 \div 30-35$ ; території заповідників і заказників – до  $25 \div до\ 20$ .

Боротьба із шумом – це складна комплексна проблема, що потребує великих зусиль і засобів. Тиша коштує грошей і чималих. Джерела шуму досить різноманітні й немає єдиного способу, методу боротьби з ними. Проте акустична наука може запропонувати ефективні засоби боротьби із шумом. Загальні шляхи боротьби із шумом зводяться до законодавчих, будівельно-планувальних, організаційних, техніко-технологічних, конструкторських і профілактичних заходів. Перевагу варто віддати заходам на стадії проектування, а не коли шум вже продукується.

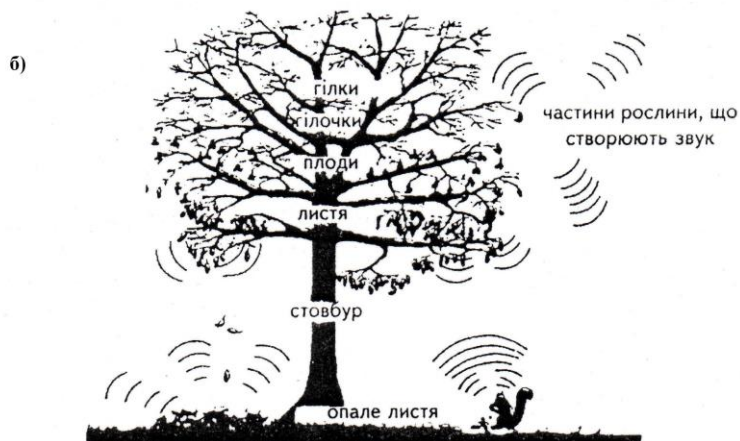
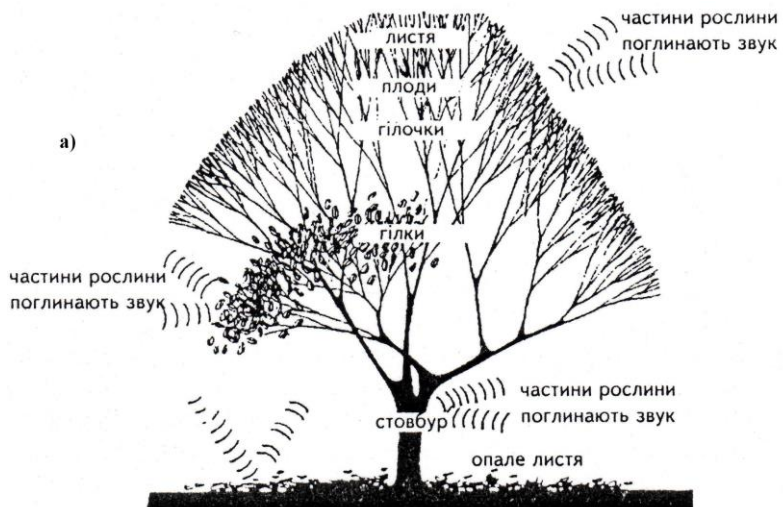
*Санітарні норми й правила встановлюють:* гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях у приміщеннях і на території виробничих підприємств, що створюють шум, і на межі їхніх територій; основні заходи щодо зменшення рівнів шумів і попередження впливу шуму на людину.

Діють і створюються відповідні стандарти, недотримання яких переслідується законом. І хоча на сучасному етапі не завжди вдається домогтися ефективних результатів у боротьбі із шумом, все-таки кроки в цьому напрямку здійснюються. Встановлюються спеціальні шумопоглинаючі підвісні стелі, зібрані з перфорованих плит, глушители на пневматичних пристроях і пристосуваннях. Доведений вплив рослин на зниження

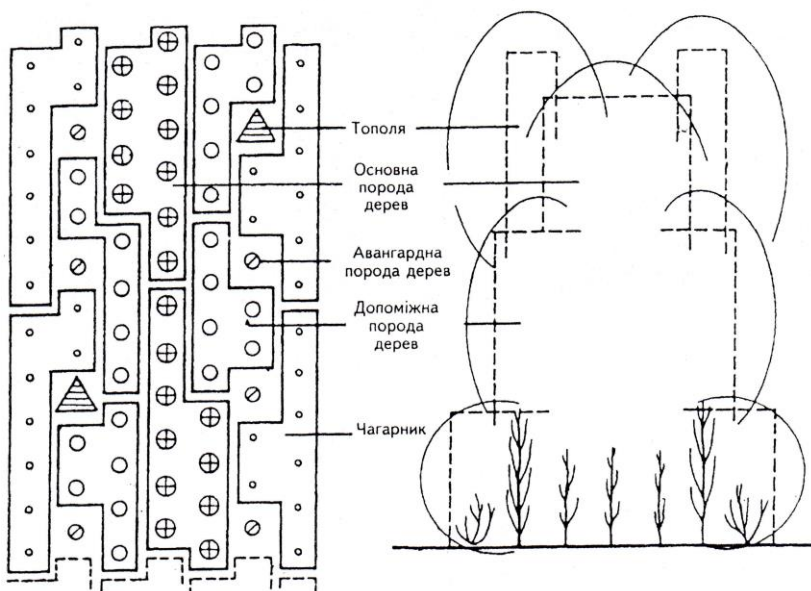
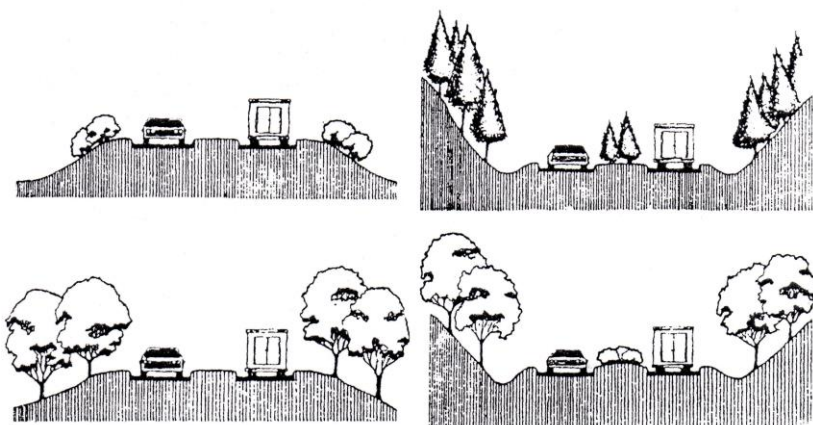
рівня шумів, яке полягає в послабленні звукових коливань при проходженні їх крізь листя, гілки та хвою (рис. 4.16). Музикознавці запропонували свої засоби пом'якшення шуму: уміло й правильно підібрана музика стала впливати на ефективність роботи. Почалася активна боротьба із транс-портним шумом. На жаль, не діє заборона на подачу транспортом звукових сигналів у містах. Створюються шумові карти. Саме вони дають детальну характеристику шумової обстановки в місті. Безсумнівно, можна розробити оптимальні міри, що забезпечують належний шумозахист навколишнього середовища. Шумова карта за Чудновим В. (1980) – це своєрідний план наступу на шум. Засобів боротьби із транспортним шумом чимало: будівництво тунельних розв'язок, підземних переходів, автотрас у тунелях, на естакадах і виїмках. Здійснено зниження шуму двигуна внутрішнього згоряння. На залізниці укладаються безстикові рейки – оксамитовий шлях. Актуальне будівництво споруджень, що екранують, висаджування лісосмуг (рис. 4.17). Норми шуму варто переглядати через кожні два-три роки убік їхньої жорсткості. Великі надії у вирішенні цієї проблеми покладають на електромобілі.

*Тиша* – одна з найважливіших умов творчої праці й відпочинку.

Недарма тишу часто називають цілющою, творчою. Сади й парки в місті – це куточки відпочинку. Чи так це насправді? Там гримлять оркестри, працюють гучні атракціони й т. ін. Варто звернути увагу на парки в ряді закордонних країн, де на галявинах, прямо на траві, відпочивають люди, навкруги тиша, спокій.



**Рис. 4.16** – Послаблення (а) та приглушування (б) шуму рослиною



**Рис. 4.17** – Варіанти висаджування лісосмуг та маскувальне насадження

**Тиша** (суб'єктивна) – звукова обстановка, що відповідає абсолютному звуковому комфорту, який визначається можливістю розрізнення навіть слабких звуків, які звичайно мають будь-яке інформаційне значення. **Повна тиша** для

Бажання побути у тиші, наодинці із природою – природне прагнення й право людини.

*Шум* – ознака не прогресу техніки, а її недосконалості.

**Шум** – будь-які звуки, що виходять за рамки звукового комфорту. Шум більше 90 дБ викликає поступову втрату слуху, нервові захворювання. Жінки менш стійкі до шуму. Слабкі шуми в будинку **двійнівно діють на нервову систему**

Успішне рішення цієї проблеми багато в чому залежить від зусиль кожної окремої людини. «Наші вуха – це наші нерви», – говорять фізики й із цим не можна не погодитися. А звідси витікає, що необхідно формувати *звукову культуру*. Звуковий рівень будь-якого міста визначається не тільки джерелами тих або інших шумів, але й ступенем звукової культури його жителів, міської адміністрації. Ще в 1967 р. у Львові був уведений дорожній знак УТ (ПТ) – «Поважай тишу». І він встановлювався не тільки для водіїв транспорту, у цьому місті він одержав всеосяжне значення як один з потужних факторів боротьби із шумом. Якість роботи кожного будівельника – це певний успіх у захисті від проникнення шуму. Звукова культура – одна зі складових частин нашої екологічної свідомості, повинна виховуватися в родині, школі, вузі. Це частина загального виховання населення.

Ще в XIX сторіччі Роберт Кох пророчив, що коли-небудь людство змушене буде розправлятися із шумом



настільки ж рішуче, як з холерою й чумою. Цей час уже настав. Чуднов В. (1980) вважає, що встановити тишу — значить, нарешті, продовжити життя людини, захистити природу від шумового забруднення й акустичної деградації.

За Реймерсом М. Ф. (1990), **забруднення електромагнітне** — форма фізичного забруднення. Виникає в результаті зміни електромагнітних властивостей середовища (від ліній електропередач, радіо, телебачення, роботи деяких промислових установок і т. ін.). приводить до порушень роботи електронних систем і змін у тонких клітинних й молекулярних біологічних структурах. Існують електромагнітні аномалії й т. ін.

**Забруднення електромагнітне** — це різновид антропогенного або природного фізичного забруднення, що виникає при модифікації електромагнітних властивостей середовища (під дією ліній електропередач високої напруги, роботи деяких промислових установок,

Згідно з Ситником К. М. й ін. (1994), **забруднення електро-магнітне** — це різновид забруднення фізичного, антропогенного походження, що виникає в результаті зміни електромагнітних властивостей середовища.

Як бачимо, розходжень у визначенні цього виду фізичного забруднення фактично нема, хоча є окремі аспекти. Наприклад, Ситник К. М. вважає цей вид забруднення тільки антропогенним.

**Забруднення радіоактивне**, безсумнівно, є безпосередньо електромагнітним, проте воно також має самостійне визначення.

За Дедю І. І. (1990), *забруднення радіоактивне* біосфери – це перевищення природного рівня вмісту в середовищі радіо-активних речовин.

За Ситником К. М й ін. (1994), *забруднення радіоактивне, радіаційне* – поява в середовищі радіоактивних речовин у кількості, що перевищує рівень природного фону випромінювання.

***Забруднення радіаційне – це забруднення, викликане дією іонізуючих випромінювань.***

*Вплив радіації на живі організми.* Вже перші дослідження радіоактивних елементів (в 1896 р. Беккерель А. А., в 1898 р. Марія та П'єр Кюрі) показали їх згубну дію на організм людини (Беккерель А. А. отримав радіоактивний опік шкіри від пробірки з радієм; М. Кюрі померла від раку крові, а 336 її колег померли внаслідок опромінення). Вплив радіоактивних випромінювань на живі тканини організму залежить від проникаючої та іонізуючої їх здатності. Організм людини пристосований до певних доз іонізуючого випромінювання, оскільки протягом життя зазнає опромінення космічного і радіоактивного. Опромінення призводить до руйнування кісткової тканини, зниження кількості білих кров'яних тілець, погіршення зору, викликає шкірні захворювання, безплідність, канцерогенні захворювання, змінює спадковість.

Радіоактивне випромінювання проникає крізь живі тканини без помітних слідів і руйнує молекули в складі кліток. Але у великих дозах радіація завдає шкоду кліткам і вони перестають ділитися. Тому радіовипромінювання використовується при руйнуванні ракових пухлин (променева терапія). Але значне опромінення порушує клітинний розподіл у всіх тканинах, тобто не відбувається нормального оновлення крові, шкіри і т.д. і через декілька

днів променева хвороба призводить до летального наслідку. У низьких дозах радіація впливає на ДНК як канцерогенний і мутагенний фактор. Щодо слабких доз радіації немає єдиної точки зору. Малі дози отрут корисні – суть *гормезису*, а атомна радіація в малих дозах теж корисна – суть *«радіаційного гормезису»*. Більше того, вона необхідна в малих розах. Нижча межа шкоди – природний радіаційний фон – постійний потік радіації, в якому існує все живе; починаючи від вірусів і закінчуючи людиною (Кузін А. М., 1990).

Дія радіації на людину може привести до раку та генетичних ушкоджень. Великі дози руйнують клітини й призводять до швидкої смерті. Виявити наслідки малих доз важко, але вони відбиваються на потомстві. Летальні дози такі: 100 Гр (смерть через декілька годин або днів); 50-10 Гр (один – два тижні); 5-3 Гр (50% опромінених вмирають через 1-2 місяці). Червоний кістковий мозок і інші елементи кровотвірної системи найбільш вразливі і перестають нормально функціонувати вже при дозах 0,5 - 1 Гр. У дітей сповільнюється ріст кісток, відзначаються аномалії скелета, втрата пам'яті і т.д. Вразливі легені, нирки. Ризик тим більший, чим вище радіація. Вважається, що опромінення прискорює процес старіння і скорочує тривалість життя. Внутрішнє опромінення людей небезпечніше, оскільки протягом року приблизно 19% припадає на зовнішнє опромінення, 76% – на їжу, 1% – на повітря, що вдихається, і 4% – на питну воду.

За Ситником К. М. (1994), *забруднення світлове* – це різновид забруднення фізичного, порушення інтенсивності і ритміки природної освітленості певної території в результаті впливу штучних джерел світла, що викликає аномалії в житті рослин і тварин. До таких територій відносяться тепличні комбінати, залізничні вузли, стадіони й т. ін.

***Забруднення радіоактивне*** – форма фізичного забруднення, пов'язана з перевищенням природного рівня вмісту радіоактивних речовин у середовищі.

За Дедю І. І. (1990), *забруднення світлове* – це порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла.

***Забруднення світлове*** – форма фізичного забруднення, порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла, здатне приводити до аномалій у житті рослин і тварин.

*Забруднення теплове* (термальне), згідно з Ситником К. М. та ін. (1990), – різновид забруднення фізичного (звичайно антропо- генного походження), що виникає в результаті підвищення темпе-ратури середовища, головним чином у зв'язку із промисловими викидами нагрітого повітря, гарячих газів і теплої води з охолоджувальних систем.

***Забруднення теплове (термальне)*** – це форма фізичного забруднення (звичайно антропогенного), що утворюється в результаті підвищення темпе-ратури середовища, головним чином у зв'язку із промисловими викидами нагрітого повітря, газів і вод, що відходять.

За Дедю І. І. (1990), *забруднення теплове* – це забруднення, викликане підвищенням температури середовища. Може виникати і як вторинний результат зміни хімічного складу середовища.

Не будемо аналізувати всі наведені вище визначення й надамо таку можливість студентам. А щоб вони могли зробити це професійно, розглянемо фізичні основи електромагнітного випромінювання.

*Фізичні основи електромагнітного випромінювання.* Відносно детально це питання розглянуто в навчальному посібнику Некоса В. Ю., Бутенко В. І. (1988) «Теорія й методологія дослідження фізичних полів геосистем». Тому зупинимось лише на основних положеннях. Навколишнє середовище пронизане випромінюванням, що генерується різними джерелами й має зовсім різну фізичну природу. Так, *рентгенівські й гамма-промені* – електронні хвилі дуже високої енергії; *бета-промені* – потік електронів, швидкість яких наближається до швидкості світла. Існують різні види радіоактивного випромінювання, що складаються з елементарних часток ядерного походження (нейтрони, космічні промені й інші нуклони) або іонізованих атомів гелію (альфа-промені).

Усі види випромінювання незалежно від того, чи є вони електромагнітними хвилями або складаються з елементарних часток, що рухаються, мають загальні закономірності: вони невидимі й переміщуються з дуже великою швидкістю.

Як відомо, *енергія – це здатність виконувати роботу*. Існують різні форми енергії – *хімічна, теплова, електрична й механічна*.

При здійсненні роботи енергія передається від одного об'єкта до іншого або з одного місця в інше за допомогою: а) провідності; б) конвекції; в) випромінювання (єдина форма, у якій електромагнітна енергія може передаватися через яке-небудь середовище або вакуум). Останній тип переносу енергії сприяє реалізації дистанційних видів досліджень різних об'єктів (у нашому випадку – геосистем та екосистем).

Незалежно від природи електромагнітне випромінювання завжди супроводжується появою електричного заряду.

*Довжина хвилі* випромінювання визначається тривалістю відрізка часу, протягом якого заряджена частка зазнає прискорення.

*Частота хвилі* випромінювання залежить від числа прискорень за секунду, що зазнає частка. Співвідношення між довжиною хвилі  $\lambda$ , частотою  $f$  і швидкістю світла (універсальна константа  $c$ ) має вигляд:  $\lambda f = c$ , або  $\lambda = c/f$ , тобто частота хвилі обернено пропорційна довжині хвилі й прямо пропорційна швидкості її переміщення. Чим більше довжина хвилі випромінювання, тим менша пов'язана з нею енергія, і навпаки, чим вище частота випромінювання, тим більша енергія. Зазначені залежності мають фундаментальне значення для пояснення природи електромагнітного випромінювання.

Найбільш відомою формою електромагнітного випромінювання є *видиме світло*. Випромінювання, що сприймається людським оком, містить відому послідовність кольорів від червоного через жовтогарячий, жовтий, зелений, голубий і синій до фіолетового. Цей діапазон кольорів, так званий «видимий спектр», варто відрізнити від більш широкого електромагнітного спектра: перший становить незначну частину другого. Завдяки очам люди здатні сприймати лише невеликий відрізок повного спектра випромінювання, що поширюється зі швидкістю світла.

У межах спектра знаходимо ділянки, що відповідають *гамма-випромінюванню*, *рентгенівському*, *ультрафіолетовому*, *інфрачервоному* і *радіохвилям*. Потрібно пам'ятати, що спектр безперервний, і тому його підрозділ носить умовний характер; границя між окремими ділянками неточна, ряд ділянок, що є сусідами, значно

перекривається, до того ж немає загально-прийнятої термінології, і багато авторів трактують приграничні значення по-різному.

Необхідність вивчення цього питання в неоекології обумовлена тим, що протягом декількох останніх десятиліть рівень електромагнітного поля в навколишньому середовищі катастрофічно зріс (Птицина Н. Г. та ін., 1998).

Якщо раніше на людину й інші живі організми впливали тільки природні електромагнітні поля, то в теперішній час до них додався вплив електромагнітних полів штучного походження.

Отже, необхідно розрізняти *магнітні й електромагнітні поля природного і штучного походження*.

**Природні магнітні поля – це постійне магнітне поле Землі й геомагнітні варіації, що виникають при взаємодії міжпланетного середовища з магнітним полем Землі**

Основними *природними електромагнітними полями* є: атмосферна електрика, постійне магнітне поле Землі й геомагнітні варіації, що виникають, як зазначалося вище, при взаємодії земного магнітного поля з міжпланетним середовищем.

Постійне магнітне поле генерується струмами, що течуть на глибинах про які мова йшла раніше. Величина його коливається на земній поверхні від 35 мкТл – на екваторі, до 65 мкТл – поблизу полюса. У середньому вважається, що інтенсивність полів, які нас оточують, мають частоту менше 300 Гц (– 50 мкТл) і вони є слабкими. В екологічному аспекті немає необхідності розглядати весь електромагнітний спектр від 0 до  $10^{20}$  Гц, тим більше, що основні складові електромагнітного забруднення перебувають у вкрай низькочастотному

діапазоні (КНЧ: 10-300 Гц) і особливо в ультранизькочастотному (УНЧ: 0-10 Гц) діапазоні (Птицина Н. Г. й ін., 1998).

У цих частотних діапазонах електричну й магнітну складові можна розглядати незалежно. Але відомо, що саме *магнітна*, а не *електрична* складова *електромагнітних полів впливає на живий організм*, оскільки магнітне поле може вільно проникати у тканини. До цього варто додати, що сонячна активність і пов'язані з нею збурювання міжпланетного середовища генерують магнітні поля, що змінюються у часі, загальнопланетарного масштабу, головним чином у УНЧ-діапазоні. Пульсації геомагнітного поля в частотній області 0,001-10 Гц часто спостерігаються по всій земній кулі з амплітудами 0,1-100 нТл. У магнітосфері, тобто області навколо Землі, де плазма сонячного вітру постійно її обтікає й обмежує геомагнітне поле, відбуваються *геомагнітні бурі*. Останні виникають у результаті приходу на Землю високочастотного потоку сонячної плазми, що генерується нестаціонарними процесами на Сонці, і пов'язаної з ним ударної хвилі.

При геомагнітних бурях варіації поля збільшуються в кілька тисяч разів. Так, під час бурі 3 березня 1989 р. на станції Ла Аквіла (42° п. ш.) варіації поля були вище фонових значень в 10 000 разів для постійних пульсацій і в 3000-5000 разів – для непостійних. Але як пізніше буде показано, не всі геомагнітні бурі однозначно впливають на здоров'я людини.

*Техногенне електромагнітне забруднення* виникає внаслідок зміни електромагнітних властивостей середовища (поблизу ліній електропередач, радіо- і телевізійних антен, деяких промислових установок і т. д.). При тривалому впливі електро-магнітних полів навіть у здорових людей відмічається підвищена стомлюваність,



головний біль, апатія і т. ін. Негативний вплив електромагнітного поля виявляється при його напруже-

**Штучні або техногенні магнітні поля – електромагнітні поля різного характеру за частотним діапазоном й за рівнем інтенсивності, що генеруються технічними пристроями на заводах, транспортних системах, в установках**

ності у 1000 вольт на метр. Найбільш чутлива нервова система, порушення якої призводить до зміни інших систем організму. Небезпечним є і вплив електромагнітних випромінювань від мереж електропередач та інших джерел. Наприклад, напруженість змінного електричного поля частотою 50 Гц (промислової частоти) не повинна перевищувати 500 В/м (вольт на метр) у місцях постійного проживання людей, а напруженість магнітного поля також частотою 50 Гц – не більше 0,2 мкТл (мікротесла).

Ці поля генеруються, в основному, круговими (точковими) струмами різного діаметра, і їхня інтенсивність швидко падає в міру віддалення від джерела. Наприклад, сильні техногенні магнітні поля на частоті 50 Гц (60 Гц у США) можна виявити в безпосередній близькості від домашньої побутової техніки, на деяких виробництвах, поблизу ЛЕП, у суспільному рейковому електротранспорті й т. ін. Так, холодильник створює магнітне поле в 1 мкТл, кавоварка – 10 мкТл, мікрохвильова піч – 100 мкТл, ручна електропобутова техніка (електробритва, електричні фени для сушіння волосся і т. ін.) здатні генерувати на своїй поверхні магнітні поля в 500-2000 мкТл. У робочих зонах сталеливарного виробництва, де для плавки використовуються електропечі, рівні магнітних полів від 3-5 до 10 мкТл, під ЛЕП напругою 765 кВ інтенсивність поля становить 5 мкТл, а на відстані 50 м – 1 мкТл.

Вимірювання УНЧ магнітних полів на відстані 100 м від рейкового шляху має значення в 1 мкТл, інтенсивність УНЧ магнітних полів у поїздах, вагонах метро й біля них можуть зростати в 10 000-100 000 разів (Птицина Н. Г. й ін., 1998, з посиланнями). У цілому транспортні УНЧ магнітні поля, зареєстровані на відстані приблизно 100 м від транс-портних магістралей, в записах схожі на природні магнітні поля під час геомагнітних збурювань. У кабінах машиністів електро-локомотивів російських електропоїздів спостерігаються набагато вищі рівні магнітних полів, що сягають 80-120 мкТл і вище. Типові флуктуації магнітного поля в кабіні машиніста елект-рички становлять 10-20 мкТл, досягаючи по одній з компонент 50-60 мкТл.

Узагальнення (Птицина Н. Г. й ін., 1998, з посиланнями) свідчать, що амплітуда полів досить різна в транспортних системах різних країн. У Німеччині безпосередньо на платформі під контактним проводом вона становить 10-20 мкТл під час проходження поїзда. Магнітні поля, досліджені в останньому вагоні поїзду Amtrak у США, мають амплітуду до 30 мкТл частотою 60 Гц і 65 мкТл частотою 25 Гц.

У сучасних локомотивах Швейцарської залізничної системи максимальні магнітні поля мають інтенсивність менше 200 мкТл, а в більш старих локомотивах – у межах 1640-6170 мкТл. У Великобританії в електропоїздах, що працюють на постійному струмі, спостерігалися статичні магнітні поля в межах 16-64 мкТл, аж до 15 мТл. Дані, отримані в Японії, показали наступне: магнітні поля на підстанціях мають інтенсивність 0,3-3,0 мкТл; на залізничних станціях – 0,2-10 мкТл; у поїзді на постійному струмі – 0,5-5 мкТл (постійне поле 50-200 мкТл); у поїзді на змінному струмі – 0,2-150 мкТл (постійне поле 100-4000 мкТл) і т. ін. Працююча на постійному струмі швидкісна транспортна система в бухті Сан-Франциско (San Fransisco

Bay Area Rapid Transit System) BART є потужним генератором УНЧ магнітних полів, які реєструють усюди в регіоні бухти (100 км).

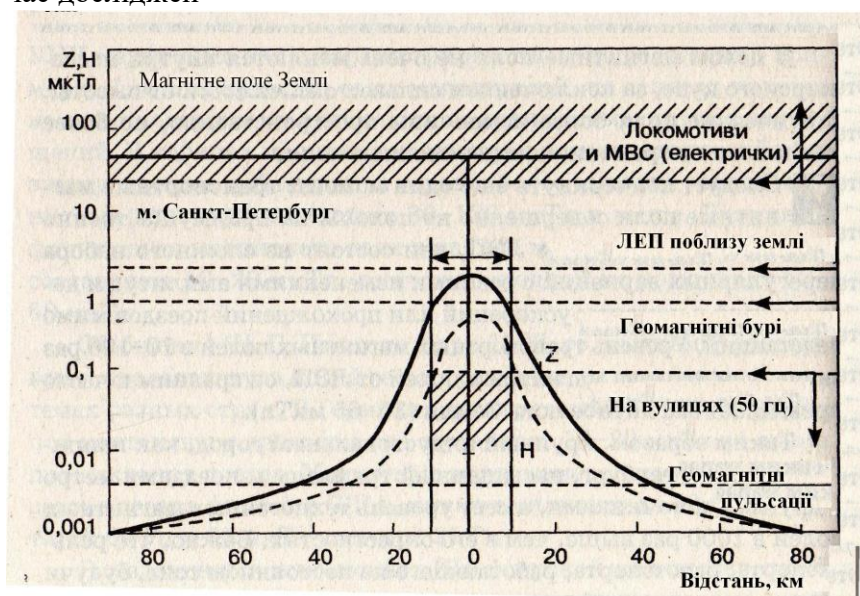
В пасажирському купе сучасних високошвидкісних поїздів типу MAGLEV-TRD7 (магнітна левітація) середні рівні інтенсивності полів перебувають у межах від 10 мкТл поблизу підлоги вагона до 2 мкТл – на рівні голови стоячої людини. Рівень постійного поля поблизу підлоги становив – 80 мкТл і зменшувався до 50 мкТл на висоті голови людини, що стоїть. У цілому магнітні поля не дуже змінюються усередині пасажир-ського купе, за винятком сильної залежності від висоти. Статичні поля більш мінливі просторово, але більше стабільні у часі, ніж змінні поля.

Варто підкреслити ще один момент: транспортні магнітні поля зовсім не схожі на переважно синусоїдальні поля від ЛЕП, вони складаються зі складного набору нерегулярних варіацій з різкими змінами амплітуд і напрямків у моменти прискорень або проходжень поїздів повз підстанції. Рівень транспортних магнітних полів у 10-100 разів вище, ніж рівень магнітних полів від ЛЕП, він майже однозначний або часто перевищує магнітне поле Землі (35-65 мкТл).

Таким чином, велике індустріальне місто, як наприклад Санкт-Петербург, насичений трамваями, поїздами метро й іншими джерелами, має рівень техногенних магнітних полів у 1000 разів вищий, ніж на його околицях. Важливо, що рейки електротранспорту, який працює на постійному струмі, будучи частиною електричного ланцюга, є джерелами струмів розтікання великої довжини й генерують значні магнітні поля. Ці струми концентруються на металевих поверхнях підземних трубопро-водів, на комунікаційних кабелях і т. ін. Співвідношення магніт-них полів від природних і техногенних джерел, характер зміни УНЧ

магнітних полів на околицях Санкт-Петербурга, отримані завдяки спеціальному моніторингу магнітних шляхів, представлені на рис. 4.18.

Наведені вище лише деякі дані свідчать про те, що сучасна людина й інші живі організми перебувають у надзвичайно складному магнітному навколишньому середовищі з різкими амплітудами й напрямками магнітних полів, а також складними варіаціями геомагнітного поля в діапазоні частот нижче 15 Гц і, відповідно, певним чином реагують на їхній вплив, тому що магнітні поля можуть вільно проникати в тканині людини, майже не зменшуючи свою інтенсивність. Проте, хоча це питання викликає загальний інтерес, воно як і раніше залишається досить дискусійним. На теперішній час досліджен-



**Рис. 4.18** – Розподіл УНЧ магнітного поля навколо індустріального міста (за Птициною Н. Г. та ін., 1998)

ням *біоелектромагнетизма* вже присвячено більше 2000 наукових доповідей і статей. Причому основна увага приділялася техногенним полям із частотою 50-60 Гц, особливо полям від ліній електропередач через їхній можливий зв'язок зі збільшенням кількості онкологічних захворювань. Тільки останнім часом стали вивчати вплив магнітних полів, що генеруються електротранспортом, і які дають основний внесок у магнітне оточення щільно населеного міського середовища. В останні два десятиліття було виконано багато досліджень, що стосуються можливої небезпеки для здоров'я природних збурювань магнітного поля Землі, обумовлених сонячною активністю. Як відзначалося вище, дані геомагнітні варіації лежать в основному нижче 10 Гц, тобто в УНЧ-діапазоні, і оскільки часто інтенсивність цих варіацій менше, ніж інтенсивність техногенних полів у навколишньому середовищі, вплив їх на живі системи в багатьох учених викликає сумнів. Проте багатьма дослідниками доведений деякий зв'язок захворюваності з *гео-магнітною активністю*. Найбільш значні результати отримані щодо впливу такої активності на серцево-судинну й нервову системи. Перші роботи були виконані ще в 1941 р. (N. Takana. Archiv fur Meteorologie, Geophysic and Bioklimatologie. В 2. 486. (1941)). Отримано деякі докази зв'язку між геомагнітними збурюваннями та ростом виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод (ДТП). У той же час деякі автори в період підвищеної геомагнітної активності відзначають збільшення, інші, навпаки, зниження захворюваності й смертності від хвороб серцево-судинної й нервової систем. Все це досить повно викладено у двох оглядах англійською мовою в 1995 і 1996 р. і в огляді Птициної Н. Г., Віллорезі Дж., Дорман Л. І., Юччи Н., Тясто М. І. «Природні й техногенні низькочастотні поля як фактори, потенційно небезпечні

для здоров'я», що вийшов у 1998 р. У ньому викладені останні результати в цій області. Тут ми торкнемося лише деяких питань, викладених у цій роботі. Зокрема, розбіжності в отриманих результатах автори пояснюють наступними причинами: 1) у багатьох випадках використовуються статистичні вибірки, що не відповідають статистичним вимогам, й проводиться неповна статистична обробка; 2) часто спостерігається некритичний підхід до даних, отриманих із вторинних джерел; 3) у дослідженнях використовуються різні індекси сонячної активності, які пов'язані з різними сонячними й геофізичними процесами, через що результати важко зіставляти; 4) не береться до уваги мультиваріаційний характер проблеми; 5) результати спектрального аналізу часто інтерпретуються невірно, що приводить до помилкових висновків і т. ін.

На жаль, на сьогодні не розроблений загальноприйнятий механізм взаємодії між магнітними полями й живими організмами, тому немає критеріїв для визначення того, які властивості поля небезпечні для здоров'я: *амплітуда, частота, хвильова форма, тривалість впливу* й т. ін.

Проведений Птициною Н. Г. і ін. (1998) аналіз медичних даних дозволив констатувати, що тільки у відомостях про інфаркти міокарда, інсульту та ДТП виявляється деякий зв'язок з геомагнітним збурюванням. Доведено, що в ці дні середнє число інфарктів, інсультів і ДТП збільшується відповідно в  $1,105 \pm 0,012$ ,  $1,070 \pm 0,017$  і в  $1,174 \pm 0,031$  рази, тобто на здоров'ї людей вірогідно позначаються тільки геомагнітні бурі особливого типу, що збігаються з фазою падіння інтенсивності космічних променів. До речі, останні можна передбачати й відповідно вживати превентивних заходів щодо профілактики серцево-судинних захворювань у людей, що перебувають у групі ризику, заходів щодо посилення безпеки дорожнього

руху й щодо захисту технологічних пристроїв. Електромагнітне поле в ряді робіт розглядається як агент, що підсилює первісну причину (хімічний вплив або іонізуюче випромінювання). Наприклад, було показано, що вплив електромагнітних полів може прискорювати розвиток раку у тварин, які піддавалися дії хімічних канцерогенів

Роботи різних дослідників свідчать про те, що найбільш значні біологічні ефекти, що спостерігаються в організмі людини й тварин, які піддавалися впливу електричних і магнітних полів, очевидно, безпосередньо або опосередковано пов'язані з нервовою системою. Цей зв'язок очевидний, оскільки нервова система складається із тканин, і в ній протікають процеси, які дуже чутливі до електричних сигналів (табл. 4.3).

Варто підкреслити, що виявлено не тільки факти впливу техногенних полів на здоров'я людини, але й визначена *тижнева варіація*, наприклад, кількості інфарктів міокарда, ендогенного семиденного ритму, вона пов'язана із соціальною організацією нашого життя, заснованого на чергуванні робочих днів і днів відпочинку. Динаміка магнітних полів і число інфарктів у Санкт-Петербурзі мають ті самі риси: вони майже постійні в робочі дні й сильно зменшуються наприкінці тижня й у свята. Дослідники пояснюють це зниженням у такі дні рівня техногенних магнітних полів, а також зниженням чисельності населення, що піддається

**Таблиця 4.3**  
**Ефекти впливу магнітних полів**  
(за Птициною Н. Г. та ін., 1998)

Джерела, характеристика магнітних полів (МП)	Ефекти, що спостерігаються (кількість літературних джерел, які це підтверджують)
Силові підстанції, 50 Гц	Головні болі, стомлюваність, болі в

	серці, запаморочення, безсоння (4)
Промислові МП, 50 Гц	Стомлюваність, сильний головний біль, депресії, самогубства (5)
Імпульсні електромагнітні поля, 60 Гц	Підвищена смертність через нещасні випадки (1)
Лінії електропередач (ЛЕП), 50-60 Гц	Зростання серцево-судинних захворювань у тих, хто мешкає поблизу ЛЕП; підвищений (у 1,5-3 рази) ризик захворювань на лейкемію, пухлину мозку у тих, хто мешкає поблизу ЛЕП (5)
Підвищений рівень електромагнітних полів на робочому місці	Підвищений ризик захворювань на деякі форми лейкемії, пухлину мозку, рак грудей у чоловіків для деяких "електричних" професій (6)
Магнітні поля трамваїв	Підвищена захворюваність на рак грудей у водіїв трамваїв (2)
Магнітні поля від електропоїздів (змінний струм 16-67 Гц)	Підвищений (у 2-3 рази) ризик захворювань на лейкоцитарну лейкемію у машиністів і кондукторів (2)
Магнітні поля від електропоїздів (постійний струм)	Підвищення ризику захворювань серцево-судинної системи у тих, хто працює на залізниці (3)

впливу транспортних магнітних полів (менше число людей користується електротранспортом у вихідні дні).

Виявлено, що мінімум їх припадає на кінець тижня. Так, число інфарктів у Санкт-Петербурзі зменшується наприкінці тижня на 70%, у Москві – на 20 %. Доводиться, що семиденну періодичність не можна розглядати як соціальну синхронізацію.

Проведено дослідження зв'язку між флуктуаціями магніт-ного поля, яке генерується електрифікованими залізницями, і рівнем серцево-судинних захворювань. Зокрема, визначено чітку закономірність: найбільша кількість випадків захворювань на ішемічну хворобу серця (ІХС) у кожної віковій серед машиністів, які працюють у поїздах різних типів, групі спостерегається серед машиністів електролокомотивів і найменша – у



машиністів електричок. Вище було показано, що це розход-ження обумовлено різною інтенсивністю магнітних полів у тих і в інших. Разом з тим встановлено, що розвиток гіпертонії не пов'язаний із впливом магнітного поля. Аналогічний факт зафіксований і щодо впливу природних варіацій геомагнітного поля. Не виявлено також змін тиску крові в людей, що піддавалися впливу магнітних полів.

На закінчення підкреслимо, що відповідно до деяких дослідників теоретично можливі два типи ефектів від впливу магнітних полів: *магнітомеханічний і електромагнітний*.

*Магнітомеханічні* ефекти можуть призвести до змін орієнтації й/або до зсуву часток, що володіють магнітними властивостями. В останні роки кластери або ланцюги магне-титових кристалів (магнітосоми) були виявлені в деяких живих системах, у тому числі, в мозку людини. Отримано сукупність наукових доказів, які вказують на те, що ці магнітні елементи птахів, риб і комах при міграції здатні відчувати геомагнітне поле й використовувати інформацію для орієнтації й навігації.

Інший тип ефекту від впливу магнітних полів можна одержати на основі закону Фарадея, відповідно до якого *мінливе в часі магнітне поле генерує електричне поле в замкнутому контурі*. Нарешті, нагадаємо, що *здорове людське серце працює в діапазоні 17 Гц*. Якщо людина має схильність до інфаркту, то частота його серцебиття зростає до 20 Гц, а в гіпертоніка, навпаки, різко падає до 6-8 Гц.

Все це можна визначити (вивчити) і привести хворий орган до нормативного діапазону, тому що людський організм вимагає підживлення, як акумулятор, поповнення своїх внутрішніх резервів. Отже, низькочастотні хвилі можуть і лікувати.

Таким чином, хоча в цей час біологія взаємодії біосистем з магнітним полем ще не зовсім зрозуміла,

наведені вище результати досліджень показують, що вплив низькочастотних магнітних полів малої інтенсивності здатний викликати біологічні ефекти й привести або до оздоровлення, або до шкідливих для здоров'я людини наслідкам.

Вплив слабого електромагнітного випромінювання на живі організми, і, насамперед, на людський організм, значною мірою висвітлено раніше. Додамо, що вплив насичення атмосфери електромагнітними полями (ЕМП) перевірено експериментально. Досвідами на пацюках і мишах доведений вплив радіохвиль тієї або іншої інтенсивності. Що стосується вивчення впливу на людей, які живуть на околицях центрів радіотрансляції, то є наступні дані. Дійсно, тривалий вплив електромагнітних хвиль (ЕМХ) на організм людей може призвести до виникнення функціональних порушень центральної нервової, серцево-судинної, ендокринної й інших систем. («Вплив на організм людини небезпечних і шкідливих екологічних факторів», 1997). Інтенсивність біологічної дії зростає зі збільшенням потужності ЕМХ і тривалості їх впливу.

До впливу ЕМХ у діапазоні радіочастот досить чутливі гіпофізарно-надниркова система, полові залози, щитовидна залоза. У людей, які зазнали впливу ЕМХ метрового діапазону (УВЧ) систематично протягом одного-десяти років, виявили слабо виражені функціональні розлади центральної нервової системи у вигляді вегетативно-судинної дисфункції та неврастенічного синдрому. Часто з'являються скарги на полову слабкість. У чоловіків, які в минулому були під впливом ЕМХ у діапазоні СВЧ протягом 1-12 років, діагностовано імпотенцію й виявлено патологічні зміни в еякуляті. У значної кількості обстежених жінок діагностовано астеновегетативний синдром і гіпотензію й не виключається вплив НВЧ-поля

на функції лактації та, крім того, родову слабкість, атоничну кровотечу, причиною яких може бути виявлена гіпотензія. В осіб, що зазнали тривалого радіохвильового опромінення, також були виявлені зміни вуглецевого обміну. Красномовним є також наступний факт. Осетри, що йдуть на нерест по Волзі, зупиняються як перед невидимою границею в тих місцях, де перекинуті високовольтні лінії електропередач (ЛЕП). У нашій країні також є різноманітні ЛЕП: ЛЕП-500 (500 тис. В), ЛЕП-300, ЛЕП-150 і ін. Вони простягаються на величезні відстані, перетинаючи територію держави уздовж і поперек, дійсно перетворюючи її на своєрідну індукційну котушку.

Серед різних аспектів ЛЕП, що грають певну роль у неоекології, зупинимося тільки на власне біологічному впливі електромагнітних полів ЛЕП на живі організми надорганізмowego рівня (*медико-біологічний аспект*). При цьому не заперечується роль ЛЕП у відчуженні площ, тобто *еколого-економічний аспект* і членування елементів ландшафту ЛЕПом, створення в екосистемах штучних перешкод і бар'єрів, за Плотніковим В. В. (1985), свого роду хорологічний прес, що накладається на природні процеси, тобто *біологічний аспект*.

Всі ці аспекти тісно переплітаються і взаємодіють, проте особливе значення має *прямий* або *непрямий* їхній вплив на організм. Безсумнівно, ця проблема дуже широко й детально висвітлюється медиками-гігієністами, які вивчають питання охорони здоров'я виробничого персоналу, що безпосередньо перебуває під впливом електромагнітних полів промислової частоти, і розробляють відповідні нормативи й стандарти. Плотніков В. В. (1985) узагальнив вплив ЛЕП і зробив наступні висновки: 1) вплив електромагнітних полів промислової частоти приводить до неспецифічних порушень нормальної діяльності організму, причому, на противагу раніше нами

відзначеного, автор стверджує, що вирішальне значення має *електрична складова поля* (магнітна, на думку автора, швидко загасає); 2) високовольтні мережі створюють біологічно активне поле, тобто являють собою істотний фактор фізичного середовища, хоча в багатьох країнах цей факт не вважається доведеним; 3) у зв'язку зі зростаючими масштабами електропередач вплив електромагнітних полів ЛЕП на природні системи є досить актуальним. Необхідно досліджувати структуру й залежність характеристик електромагнітних полів ЛЕП від фізико-географічних факторів, наприклад від гідрометеорологічних, від підстилаючої поверхні і т. ін.

Оцінка екологічних ефектів техногенних електромагнітних полів потребує організації масових спостережень за поведінкою експериментальних угруповань у різних фізико-географічних умовах, різних зонах того самого поля, а також за життєдіяльністю ключових компонентів природних біологічних угруповань у зонах дії різних полів. До теперішнього часу проведені численні дослідження, що підтверджують факт впливу. Так, ентомолог Єськов Е. К. (1982) встановив, що до впливу поля частотою близько 500 Гц найбільш чутливі родини бджіл і ос. Гур'єва І. І. й Карташов А. Г. (1982) дійшли висновку, що під ЛЕП-500 імовірність, терат (каліцтв) у квітках гравілату річкового в 16 разів, а в суцвіттях оману іволістого в 37 разів вище порівняно з контрольними екземплярами. Разом з тим варто пам'ятати, що в самому впливі електромагнітних полів на екосистеми існують і позитивні моменти, тому необхідно докласти максимум зусиль для їхнього виявлення й дослідження в інтересах охорони здоров'я людини.

**Біологічне забруднення.** Під біологічним забрудненням розуміють: привнесення в середовище нових, не властивих йому раніше, біонтів; надмірне збільшення чисельності (біомаси) біонтів, що перевищують норму в природних

умовах, у тому числі внаслідок набуття ними нових властивостей.

Основними факторами, що спричиняють біологічне забруднення, є:

- *перенесення людиною живих організмів (інтродукція)* навмисно (в Нову Зеландію було перевезено 200 видів ссавців і птахів, більше 600 видів рослин) або випадково (колорадський жук, кліщ варроа і т. ін.); є приклади успішного заняття вільних екологічних ніш, але є приклади, коли адвентивні види (інтродуценти) витісняли інші види (в Чорному морі молюск рапана витіснив устриць, а гребневик став поїдати зоопланктон, тобто підривати кормову базу риб);

- *антропогенна зміна середовища мешкання*, яка сприяє надмірному розмноженню окремих видів біонтів або набуттю ними нових властивостей (наприклад, синантропних тваринних - тарганів, клопів, пацюків і ін., причетних до сфери діяльності людини);

- *відходи виробництва* (підприємств біосинтезу, тварин-ницьких комплексів) і *життєдіяльності людей* (звалища побутових відходів і т.д.).

*Біогенні забруднювачі* знижують якість продуктів харчування людини. Джерелом надходження їх в основному можна вважати різні кормові добавки, лікарські і хімічні препарати, які використовуються для підвищення продуктивності сільсько-господарських тварин, профілактики захворювань, збереження доброякісності кормів (антибіотики, гормональні препарати тощо). Екологічно небезпечні *мікотоксини* – токсичні метаболіти пліснявих грибів, які є причиною хронічних токсикозів у багатьох країнах. Нині відомо 250 видів різних мікроскопічних грибів, що продукують майже 500 токсичних метаболітів, які не лише токсичні, але й мають мутагенні тератогенні і канцерогенні властивості. Щороку світові збитки від розвитку мікроскопічних грибів на

продуктах харчування перевищують 30 млрд. доларів США (Димань Т. М. та ін., 2005).

Дуже важливе значення має безпека *генетично модифікованих організмів* (ГМО). ГМО – організм чи кілька організмів, будь-яке неклітинне, одноклітинне і багатоклітинне утворення, які здатні до відтворення чи передачі спадкового генетичного матеріалу, відрізняються від природних організмів, отримані з застосуванням методів генної інженерії й містять генно-інженерний матеріал, у тому числі гени, їх комбінації чи фрагменти. Тварини, рослини, мікроорганізми і віруси, які піддавалися генетичній трансформації, називаються *трансгенними організмами*. Наприклад, *трансгенні рослини* – це рослини, у яких за допомогою методів генетичної інженерії, штучно змінений геном. При їх практичному використанні можуть виникнути такі екологічні проблеми: при схрещуванні трансгенних рослин з близькими дикими видами гібридне потомство може виявитися більш життєздатним і конкурентноздатним і буде витісняти природні рослини; трансгенні сільськогосподарські рослини, за рахунок більшої стійкості до захворювань і шкідників, можуть витісняти інші господарсько-цінні види (тобто, вони стануть бур'янами); через токсичність або алергенність трансгенні рослини можуть бути прямою загрозою для людей та тварин.

ГМО стали використовуватися в 1970-х роках, а вже у 1999 р. площі трансгенних культурних рослин у світі у 25 раз (США – 28,7, Аргентина – 6,7 Канада – 4,0 і Китай – 0,3 млн. га). Реакція на продукти харчування із ГМО в різних країнах як позитивна, та і негативна. Супротивники продуктів з ГМО (яких в Європі 30%, у США 13%) вважають, що ці технології є не тільки ризиковими, але й аморальними. Приєднавшись у 1994 р. до Всесвітньої конвенції «Про біологічне різноманіття», Україна взяла на

себе зобов'язання про введення в національне законодавство правових документів з питань біологічної безпеки і утворення системи регулювання та застосування біотехпродукції.

**Проблеми ендоекології.** Оскільки і епідеміологія вважається складовою традиційної екології, ендоекологію слід вважати складовою неоекології. «Ендоекологія», а точніше «ендоекологія здоров'я» вживається в тому тлумаченні, яке їй дав Неумивакін І. П. – один із основоположників космічної медицини, який з 1959 року протягом 30 років відповідав за безпеку здоров'я космонавтів, коли вони знаходилися у космічному польоті. З виходом у світ книги «Ендоекологія здоров'я» в 2004 р. за авторством лікарів Неумивакіна І. П. та Неумивакіної Л. С., «ендоекологія» отримала більш широке розповсюдження. Майбутніх професійних екологів ендоекологія цікавить тим, що людський організм, згідно з Неумивакіним І. П. та Неумивакіною Л. С. (2004), являє собою електричну ємність біля 50 пФ з наведеною енергією біля  $1 \cdot 10^6$  Дж. Це призводить до зміни (до збільшення) відносно людини тяжіння до Землі: бо ця напруга електричного поля  $\epsilon \approx 130$  В/м, поділена на 4, визначає прискорення падіння, яке дорівнює  $\approx 9$  м/с<sup>2</sup>. Відповідно, збільшення напруги електромагнітного поля (зараз це  $\epsilon$  150 В/м) веде до збільшення напруги в «електромережі» організму, свого роду, гніт на людину. Простіше кажучи, кожна людина має своє власне електромагнітне випромінювання, і, як усе живе в природі, завдяки тому спілкується електромагнітними сигналами. Правда, у людини ця здатність притупилася. Багатьом відомо, що кішки, собаки, голуби можуть знаходити свого господаря, який, наприклад, переїхав жити в інше місце за десятки, сотні кілометрів.

Залишаючи поза розглядом велику кількість проблем, пов'язаних з ендоекологією здоров'я, зосередимо увагу на екологічно значимому явищі – *геопатогенних зонах*.

***Геопатогенні зони – ділянки поверхні, що концентрують електромагнітне випромінювання фізичних полів Землі й негативно впливають на здоров'я людей.***

Геопатогенні зони існували завжди, тільки їм не надавали належного значення. Лише з розвитком біоенергетики ігнорувати це явище стало неможливо. Автор книги «Фрактальна фізика» Шабетник В. Д. дає пояснення гепатогенним зонам. Справа в тому, що у просторі за рахунок електричної природи тяжіння і магнітної дії між Сонцем і Землею утворюються вихрові зони, які є не тільки нитками між ними, але й, навіть, трубами, придатними для польотів кораблів зі світовою і навіть більшою швидкістю, і які вільні від космічного пилу, метеоритів. Такі вихрові зони спостерегаються між електроном і ядром. Ці структури не є електро-нейтральними, а мають магнітне поле, де існують слабкі електромагнітні зв'язки, і на межі вихрових зон утворюється випромінювання 2,7, яке сучасна наука помилково називає «реліктовим випромінюванням». У деяких регіонах Землі ці зв'язки стають дуже сильними, і там спостерігаються різні катаклізми, землетруси, повені конфліктні ситуації між людьми, що тісно пов'язано між собою.

Окрім могутніх патогенних зон існує доволі значна геобіологічна сітка, лінії якої йдуть з півночі на південь на відстані одна від одної в 2 м, а з заходу на схід – 2,5 м. Якщо намалювати таку сітку, то в місцях їх перетину знаходяться плюс або мінус зі згустками енергії. В місцях, де ця сітка ущільнюється, наприклад у зонах розломів, заплавах річок, негативність



впливу на людей і тварин збільшується. Геопатогенні зони можна виявити за допомогою маятника – нитки довжиною 20 см, на кінці якої прив'язаний який-небудь предмет: обручка, намистинка і т. ін. Над «плюсами» такий маятник буде крутитися за годинниковою стрілкою, над «мінусом» – проти. Будь-яка жива чи нежива речовина має свою резонансну частоту, різниця лише в тому, що нежива речовина має постійну частоту, жива, як динамічна система, характеризується мінливістю, що може підсилювати чи зменшувати електромагнітний вплив. Виявлений вплив дерева на стан здоров'я людини. Тополя або осика знімають головний біль, негативну енергію, якщо прикласти кусок дерева до скроні. Дуб, яблуня, береза підкачують, нормалізують позитивну енергію, вони можуть використовуватися при захворюваннях серця, позитивно впливають на потенцію чоловіків і жінок. Діти і тварини є хорошими сенситивами. Дитина, наприклад, буде уникати зон, де в кімнаті «плюс». Кішка любить «плюс», в той час як собака – ні, і вона завжди шукає нейтральне поле, тобто середину квадрату. Зафіксовано, що в будку, яка стоїть над «плюсом» собака ніколи не увійде. Куриця ніколи не підніметься на куряче сідало, розташоване над «плюс» і буде погано нестись. Мурахи будують свій мурашник над «плюсом». Дерево, посаджене над «плюсом» хворіє, наприклад, у берези з'являється чага – свого роду рак дерева. Те ж саме спостерігається і у плодових дерев. Церкви завжди будують на пагорбах, в місцях де немає геопатогенних зон. Будинки побудовані в низинах, на заплавах землях, на дні висохлих річок мають підвищену патогенність. Тут може спостерігатись підвищений ризик онкологічних, серцево-судинних і серцевих захворювань.

На завершення підкреслимо, що виходячи з того, що людина має негативний заряд, вона повинна безперервно підживлятися саме негативними іонами. Негативно

заряджена Земля. Отже людина, напевно, повинна весь час стикатися з нею. Постійна ізоляція від Землі, згідно з цими поглядами, негативно впливає на людину. Наприклад, виявлено, що ходіння по підлозі, яка покрита лінолеумом викликає позитивні іони в тисячі вольт. Водій, ізольований гумовими шинами і металевим кузовом, втомлюється вдвічі швидше, ніж людина, не ізольована від Землі. Атмосфера заряджена позитивно, тому чим далі від Землі, тим менший вплив негативних іонів, і більший – позитивних від атмосфери. Мимоволі напрошується висновок: чим більше ізольована ділянка від Землі, наприклад, бетоном, асфальтом, лінолеумом і т. ін., тим це гірше для людини. Звідси оцінка життя в місті і в селі. Звідси оцінка ролі підлоги з підігрівом, наявність великої кількості електропроводів, водопровідних труб у стінах, підлогах, наявність кондиціонерів і т. ін. Є багато повідомлень про послаблення імунітету внаслідок усього цього. Таким чином, роль ендоекології навряд чи потребує додаткових доказів.

Відносно **ядерного випромінювання** нагадаємо, що в природі існує 265 стабільних нуклідів і близько 1500 нестабільних. Усі питання їх випромінювання будуть розглядатися в навчальній дисципліні «Основи радіоекології». Зараз звернемо увагу лише на *іонізуючих* випромінюваннях геосистем.

Іонізуючі випромінювання геосистем обумовлені існуванням декількох джерел, серед яких виділяють два основних види: природне випромінювання; випромінювання навколишнього середовища від штучних радіонуклідів.

Живі організми зазнають безперервного впливу *іонізуючих випромінювань* від різних природних джерел (рис. 4.19).

За внеском в сумарне опромінення рослин, тварин і людини сучасне природне радіаційне випромінювання (фон)

перевершує багато інших джерел. Потужність іонізуючих випромінювань від природних джерел змінюється в різних геосистемах і навіть на обмежених ділянках окремих геосистем у широких межах. Розміри цих коливань становлять великий інтерес, тому що вони обумовлені різницею внутрішньої структури геосистеми.

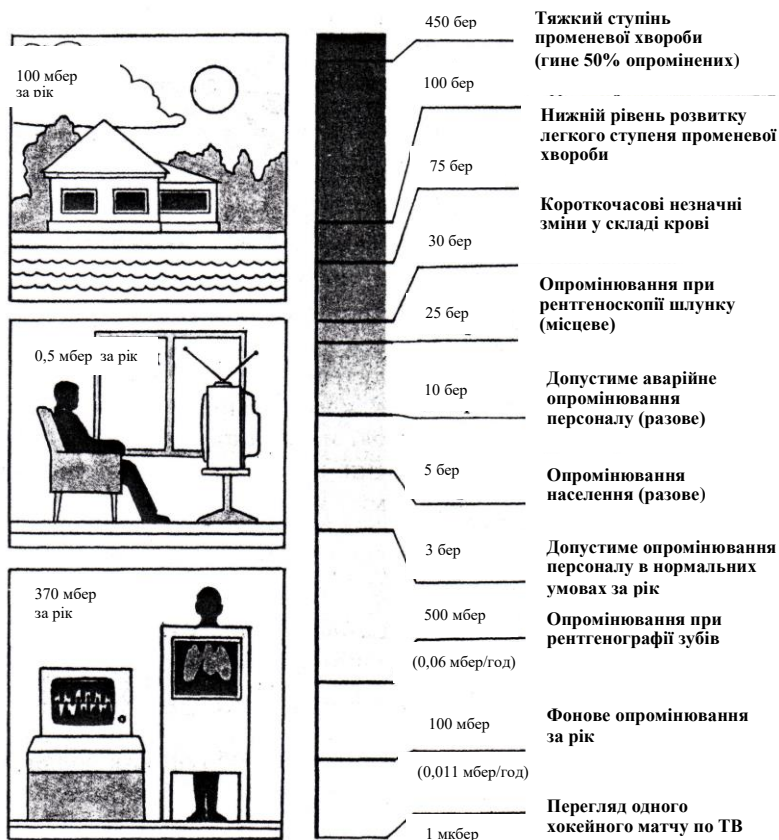


Рис. 4.19 – Ступені опромінювання людини

Інтерес до вивчення поширення природних радіонуклідів у геосистемах і до оцінки природного

радіаційного фону пов'язаний з необхідністю вивчення мінливості енергетичних характеристик геосистем, наслідків опромінення рослин, тварин і людини від надходження до геосистеми штучних радіоактивних речовин, збільшення використання в різних сферах господарської

**Природні радіонукліди** – звичайна складова частина речовини геосистеми, а природне радіаційне випромінювання, що приводить до опромінення будь-якого об'єкта в зовнішньому середовищі, — один з екологічних факторів, який впливає на живі організми Землі.

**Іонізуюче випромінювання** – це різні види мікрочастинок і фізичних полів, здатні іонізувати речовину. Найбільш значущим є такі типи іонізуючого випромінювання: короткохвильове електромагнітне випромінювання (рентгенівське і гамма-випромінювання), потоки заряджених частинок: бета-часток (електронів і

діяльності людини іонізуючих випромінювань, а також технологічного підвищення радіаційного фону. Порівнювати зростання фону іонізуючих випромінювань у результаті надходження до геосистеми радіонуклідів доцільно шляхом зіставлення цього приросту з природним фоном. При такому порівнянні правомірно допустити, що в процесі еволюції в геологічно тривалий час усі живі організми, включаючи людину, змогли виробити механізми адаптації до дії природного фону.

У біосфері Землі зустрічається більше 60 *природних радіо-нуклідів*, серед яких є дві категорії: *первинні й космогенні*.

До слабкого електромагнітного випромінювання відноситься *світлове і теплове*.

Стосовно *світлового забруднення*, то до раніше наведеної інформації додамо визначення зі «Словника з екології: українсько-російсько-англійсько-німецько-французького», 1995):

**Забруднення світлове** – порушення природного освітлення місцевості в результаті дії штучних джерел світла. Веде до порушення нормальних біологічних ритмів живих організмів, адаптивних механізмів (організми короткого й тривалого життя), а також роботи біологічних

Як бачимо, істотні розходження у визначенні даного поняття відсутні. Разом з тим не розкривається механізм самого процесу забруднення. Його можна з позиції традиційної екології коротко викласти в такий спосіб: кожний тип біогеоценозу нарівні з балансом неорганічної речовини має свій особливий баланс світлової енергії. Більше того, кожен із компонентів, що складають біогеоценоз, має власну, особливу структуру й певний тип обміну енергією як між собою, так і з іншими явищами навколишнього природного середовища. Виходячи з цього, будь-які кількісні і якісні порушення балансу світлової енергії або певного типу обміну енергією (світловою) є світловим забрудненням, що викликає наслідки, наведені у визначеннях цього поняття різними авторами. І не тільки до цих, але й до більш серйозних наслідків. Досить нагадати про вплив зварювання на зір людини або світлового випромінювання при вибуху атомної бомби й ін. Відомо, що нервова система чітко реагує на зміну

періоду освітленості. Так, наприклад, полярна ніч гнітить стан психіки і знижує загальний тонус організму (Василевський Н. Н. та ін., 1978). Полярний день спочатку позитивно впливає на загальний стан організму, але потім розвивається явище перезбудження й перевтоми. Цьому ж сприяє різке збільшення інтенсивності природного освітлення. Тривале й безперервне світлове подразнення веде до переходу порушення у стан охоронного гальмування. У період полярної ночі зменшення інтенсивності природного освітлення й обмеження зорових сприйнятів приводять до протилежних результатів (Данилевський Г. П., 1968). Відомо, що в 40% людей, які приїждять на Крайню Північ, спостерігаються порушення добових ритмів. Крім того, в умовах значного коливання періоду освітленості змінюються умовні й безумовні рефлекси та інші реакції нервової системи. Дослідниками встановлені факти порушення процесу розмноження в риб, птахів і т. ін. І все-таки даних про світлове забруднення в опублікованій літературі недостатньо.

**Теплове забруднення – підвищення температури середовища в результаті теплових викидів при роботі теплових і атомних електростанцій, заводів та ін. Воно може бути викликане також зміною складу атмосфери («парниковий ефект»)**

Теплове забруднення веде до зміни термічного й біологічного режимів функціонування екосистеми. Механізм теплового забруднення аналогічний механізму світлового забруднення. Кожний тип біогеоценозу має свій баланс теплової енергії, свій тип обміну. Порушення цього балансу веде до виникнення теплового забруднення. Як було відзначено, це, насамперед, випуск нагрітих вод

теплових, атомних і інших енергетичних установок, що порушують гідрохімічний, гідробіологічний і термічний режими. Так, в Японії в 1990 р. у прибережні води скидалася кількість гарячої води, яка дорівнювала річному стоку всіх японських річок, що становить 200-300 млрд. м<sup>3</sup>. Теплове забруднення є неминучим наслідком використання людиною різних видів енергії, в результаті якого тепло, яке виділяється, розпорошується в біосфері. Оскільки середній ККД енергетичних установок навряд чи перевищує 30 %, близько 70 % енергії, що виробляється, йде на нагрівання біосфери. Якщо далі припустити, що подвоєння виробництва енергії буде відбуватися кожні 60 років, то вже через три сторіччя, за підрахунками Єрмолаєва Н. М., кількість тепла, що виділяється внаслідок діяльності людства стане рівним припливу тепла від Сонця. За іншими підрахунками, такий стан буде досягнуто менш ніж за 100 років.

Війни самі по собі є потужним джерелом забруднення, у тому числі й теплового. Так, наприклад, у цей час існують так звані термічні бомби, які в момент вибуху виділяють величезну кількість тепла, у результаті чого все навколо вигорає. Безсумнівно, що використання таких бомб є надзвичайно потужним джерелом теплового забруднення біосфери.

Що стосується реакції організму на коливання температури навколишнього середовища, то є дослідження, що вказують на зміну стану нервової системи. Ми маємо у своєму розпорядженні достовірні результати про вплив низьких температур. Дію надмірно високих температур (в умовах пустель і тропіків) на стан центральної й вегетативної нервової системи оцінити досить складно, оскільки в таких умовах істотні зміни викликають інші важливі фактори – порушення електромагнітного, водного й енергетичного обміну.

**Деякі інші проблеми.** Прес людської цивілізації безупинно підсилюється. Природа продовжує змінюватися для задоволення найнужніших потреб, тим самим ускладнюється й життя в ній самої людини. Це обумовлено тим, що у виборі стратегії розвитку пріоритет завжди належить *критерію економічного росту* з безперервним нарощуванням виробництва й споживання. *Соціально-екологічні ж критерії*, від яких залежить формування *екологічно безпечної життєдіяльності суспільства*, як правило, або зовсім не враховуються, або враховуються лише формально, тоді як уже на нинішньому етапі суспільного розвитку вони повинні бути пріоритетними, а в найближчому майбутньому – головними в національній політиці. Хоча б зрівноважування *соціально-економічних і соціально-екологічних критеріїв* на нинішньому етапі повинне стати першочерговим завданням. У зв'язку з цим варто підкреслити нерозривність *екології й економіки* і, відповідно, необхідність дієвості *державної еколого-економічної політики*.

Основні принципи *еколого-економічної політики*, за Топчи-євим О. Г. (1996), такі:

1. Відповідність загального обсягу виробництва господарської системи технічним можливостям забезпечення *екологічної безпеки населення*, у тому числі: нормативне споживання з урахуванням вимог екології (соціальної екології); регулювання чисельності народонаселення; регулювання використання природних ресурсів (екологічна економія, що використовує екологічну вартість або «ціну» виробництва).

2. Максимальна ізоляція (поділ) техносфери від біосфери: можливість очищення біосфери від техногенних продуктів обмежена; для багатьох синтетичних речовин механізм само-очищення природою еволюційно не



вироблений; подібно до кругообігу речовин у природі в техносфері необхідно забезпе-чити рух (кругообіг) речовин за замкнутим циклом «продукт праці – утилізована сировина – продукт праці».

3. Принцип економічного регулювання (стимулювання) екологічних процесів: екологічне кредитування; пільгова еколо-гічна податкова політика; екологічно орієнтоване ціноутво-рення; державні екологічні дотації.

З метою відбиття *нерозривності екології й економіки*, для прикладу, повернемося до проблем *агроекології* й розглянемо деякі з них із позицій *еколо-го-економічної політики*, зокрема, таку найважливішу проблему, як *деградація земельних ресурсів*.

Сільськогосподарське освоєння земельного фонду в Україні досягло 70 %, що не може собі дозволити жодна держава світу. Розораність сільськогосподарських угідь в Україні становить 81 % – це теж «рекордний» показник, причому угіддя степу розорані на 85 %, лісостепу – на 85,4 %. У результаті Україна практично не має інших угідь, крім ораної землі.

А що в інших державах? Сільськогосподарські угіддя, наприклад, у Франції становлять 41,9 %, у Німеччині – 32,5%, США – 26,5 %. Відповідно розораність сільськогосподарських угідь: у Франції – 48 %, в Угорщині – 37 %, Англії – 25 %, США – 20 %. Як бачимо, в Україні ці показники перевищують аналогічні в будь-якій країні світу. І результат перевершив усі очікування. В Україні спостерігається досить відчутне падіння родючості ґрунтів, насамперед у результаті *ерозії й пере-осушення*. За 30 років площа еродованих земель зросла майже на 30 %, а їхня питома вага в складі орних земель досягла 32 %.

За 100 років ґрунти України втратили з орного шару близько 25% гумусу, а за останні роки – більше 8,5 %. Разом з тим є й деякі позитивні результати. Наприклад, в

орному шарі збільшився вміст рухомих форм фосфору й калію, що в найближчі два – чотири роки забезпечить більш-менш достатні врожаї. Так, за 27 років вміст фосфору збільшився майже в 1,5 рази, а калію в 1,15 рази. Таким чином, завдяки хімізації досягаються певні показники. Наприкінці 80-х – початку 90-х рр. XX ст. господарства України щороку вносили 8,6 т/га органічних добрив і 140-150 кг/га азоту, фосфору, калію, близько 4-4,5 т/га меліорантів, 4,4 т/га фосфогіпсу. Але незважаючи на це, більша частина ґрунтів України не досягла навіть нижньої границі оптимуму. Це означає, що *зниження родючості ґрунтів неминуче*, а врожайність буде падати тому, що досягнуті показники речовин швидко вичерпаються. Як вихід рекомендується *ландшафтне землеробство*, що забезпечить екологічну збалансованість між природними й сільськогосподарськими угіддями, а також між окремими угіддями сільськогосподарського призначення (оранка, луки, пасовища, кормові угіддя). Вчені вважають, що для цього терміново необхідно вивести з оранки 810 млн. га й перевести їх у косовиці, лісонасадження.

Все це невідкладні проблеми екологічної безпеки. І вони стосуються не тільки ґрунтів, але й інших компонентів ландшафту, що забезпечують екологічну безпеку життєдіяльності. Наприклад, у Кривому Розі щороку випадає по 2,6 т шкідливих речовин на кожного жителя. Це справді вимагає розробки й упровадження *нової екологічної політики*, у центрі якої необхідно поставити людину, а не державу. Екологічна політика повинна вийти за свої національні межі, стати не просто політикою, а *соціально-культурним феноменом*, тобто бути надкласовою, над-національною й перейти в складову частину єдиного русла загальнолюдської культури.

Кінець XX століття ознаменувався кінцем філософії антро-

поцентризму, інакше кажучи, звеличування лідерства уявлень про панування людини над природою, що і «привело людство до межі екологічної катастрофи».

Необхідна *«нова концепція»* взаємин людини і природи, відповідно до якої стабільне використання ресурсів здійсню-валося б у тій мірі, в якій воно забезпечено існуючими виробни-чими процесами, але без шкоди для природи. Це означає, що *використання природи буде обмежене фактором росту благо-получчя*, але альтернативи немає. І до певних держав, які живуть за рахунок непомірного використання природи, необхідно буде вживати заходів. Можливо, це буде Бразилія, що знищує тропіч-ні ліси, США, Німеччина, які спалюють більшу частину плане-тарного кисню, Китай з його нестримним зростанням населення.

Істотний внесок може внести *концепція «стійкого розвитку»*. Вона передбачає розумне обмеження використання природних ресурсів. І в цьому величезна роль екологізації науки як концеп-туальної основи стратегії стабільного розвитку суспільства. XXI століття зажадає від кожної людини нового світогляду, нового поведження (Огняник Н., 1994).

Зовсім новою проблемою екологічної безпеки в Україні сьогодні є *проблема обліку екологічних показників у процесі приватизації*. Відповідно до законодавства України про прива-тизацію, екологічна складова не є головною, тому не врахову-ється взагалі, оскільки капітал приватизованих підприємств не регулюється вартістю попереднього й сучасного забруднення повітря, земельних, водних і інших природних ресурсів. Ризик того, що екологічні проблеми роздержавлених підприємств при передачі їх в іншу форму власності залишаються не врахова-ними, досить великий і не може не позначитися надалі. Іноземні інвестори стурбовані можливістю непередбачених витрат на захист навколишнього середовища в процесі функціонування підпри-ємств. Гарантія того, що новий власник буде

платити за забруднення, залежить від наявності матеріального збитку, адміністративних і цивільних правил відповідальності, чинних законів, які дають можливість пред'явити позов власникові підприємства, щоб змусити його компенсувати вартість ліквідації наслідків, самого збитку.

Відповідальність за забруднення навколишнього середовища поки що не сприймається серйозно новими власниками підприємств, тому вони прагнуть звести її до мінімуму. Проте нові власники повинні нести повну відповідальність за функціонування й екологічність виробництва (Данилишин Б., 1995).

Для поліпшення екологічної ситуації й здоров'я населення велике значення має проблема *рекреаційного господарства*. Незважаючи на всі екологічні лиха, Україна як і раніше залишається унікальною рекреаційною зоною Європи. Відповідно до попередніх оцінок, обсяг рекреаційних ресурсів становить 442,8 млн. людино-доз рекреацій на рік. І тут відкривається широке поле діяльності як для вітчизняних, так і для закордонних підприємств. Це важливий фактор забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності, формування здорового й сприятливого для людини навколишнього середовища, забезпечення умов для безпечного існування майбутніх поколінь.

«Порядок денний на XXI-е сторіччя» для України не просто абстрактна ідея з невизначеним часом її реалізації. Це наша концепція й стратегія виживання. Підтримка екологічної рівноваги на території держави є одним із пріоритетів державної політики, обумовлених Конституцією.

Здійснюється *гармонізація національного екологічного законодавства з міжнародним*. Україна сьогодні є учасницею 17 міжнародних конвенцій в області охорони природи й 15 протоколів до них. Забруднення

навколишнього середовища й надмірне використання природних ресурсів стає для держав не вигідним. І це головне. Ми занадто довго йшли до розуміння цієї істини. Майбутнє наших дітей залежить від здатності не тільки розуміти це, але й адекватно діяти.

### Допоміжний словник

**Дериват** (derivatio – відведення, відхилення, освіта) – утворення нових слів за допомогою словотворчих засобів і відповідно до словотворчих моделей даної мови (за Кондаковим Н. І., 1975).

**Тиск звуковий** – перевищення атмосферного тиску при проходженні звукової хвилі, що виражається в децибелах.

**Забруднення шумове** (трохи інший аспект від раніше наведеного) – виникнення окремих голосних звуків і шумового тла понад природний рівень або нормальну повторюваність.

**Зонування шумове** – виділення регіонів (ареалів) з однако-вими шумовими характеристиками, важливими для господар-ства, здоров'я людини або для благополуччя природних об'єктів.

**Інформація звукова** – одержання організмом відомостей про навколишнє середовище через сприйняття звукових хвиль.

**Інфразвук** – звукові хвилі із частотами нижче рівня можливого сприйняття людиною – менше 20 Гц.

**Комфорт звуковий, або акустичний** – гучність (звуковий тиск), частота, раптовість і ступінь природної звичності звуків для даної групи людей.

**Сп'яніння звукове** – порушення, що виникає в результаті резонансу клітинних структур у відповідь на голосні ритмічні звуки. Це одна із причин успіху сучасної гучної музики.

**Поріг чутності** – звуковий тиск, що дорівнює 0 дБ – 0,0002 мікробар або потужність звуку близько 10(16)Вт.

**Стрес шумовий** – емоційні та фізичні напруги, пов'язані з голосними звуками й особливо з постійним шумовим дискомфортом. Збільшення шуму на 25 дБ знижує продуктивність праці на 25 %, а брак зростає на 12,5 %.

**Ультразвук** – звукові хвилі із частотами вище можливостей сприйняття людиною – більше 20 000 Гц.

**Фон** (одиниця гучності звуку) – одиниця виміру гучності звуку, сприйманого людьми, дорівнює потужності звуку в 40 дБ при частоті в 1000 Гц. Звук інтенсивності в ті ж 40 дБ, але частотою 5000 Гц оцінюють у два фона.

**Фон звуковий** – природно виникаючі в природі звуки. Природно виникаючі шуми, такі як грім під час грози не викликають у людини хворобливих реакцій.

Шкала **сили звуку** – найпоширеніша шкала, виражена в децибелах (див. табл. 4.2).

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 4

### • *Питання для обговорення*

1. Чому сучасна екологія давно вийшла з рангу біологічних наук?
2. При використанні системного підходу у вивченні природного середовища велике значення має вчення про зворотні зв'язки. Що мається на увазі? Наведіть приклади.
3. Навіщо потрібна описативна стадія при становленні науки неоекології?
4. Поясніть суть та наведіть приклади біогенної міграції хімічних елементів.
5. Чому при визначенні екологічного стану території критерієм оцінки може бути реакція рослин?
6. Аналогія – це висновок щодо властивості речі. Наведіть приклади аналогічних явищ у неоекології.
7. Чому міста є паразитами в біосфері.
8. Яким чином якість питної води пов'язана зі станом здоров'я населення?
9. Для чого необхідно проводити паспортизацію відходів?
10. Чи виконує туризм функції природозбереження, ресурсо-збереження, природовідновлення?
11. Обговоримо питання: негативні та позитивні іони, їх існування і вплив на біоту та людину.

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Що є об'єктом досліджень неоекології?
2. Що мається на увазі під системою неоекологічних наук?
3. Яким шляхом і через які транспортуючи середовища забруднювачі потрапляють у живі організми?

4. Назвіть основні види стічних вод, що утворюються при технологічних процесах.
5. Чим можна пояснити унікальність атмосфери Землі і підтримку останньої в такому стані?
6. Що таке GEMS? Які функції цієї системи?
7. Які основні проблеми пов'язані з деградацією земель? Назвіть ступені деградації земель.
8. Які прояви значних біологічних ефектів спостерігаються у людини, що піддавалася впливу електричних і магнітних полів.

**• Обґрунтуємо проблемність питань**

1. Обґрунтуйте, чому класична, традиційна екологія стала фундаментом нової галузі знань – неоекології?
2. В чому суть класифікації неоекологічних дисциплін: синте-тичні, аналітичні, методичні. Навіщо потрібен такий розподіл?
3. Чому виникла необхідність формування «екологічного імперативу»?
4. Обґрунтуйте, чому поливне овочівництво може бути джерелом забруднення?
5. Обґрунтуйте взаємозв'язок понять «коефіцієнт концент-рації» – «коефіцієнт розсіяння» – «фоновий вміст».
6. Чому районом ОВНС варто визначати зону, що прилягає до об'єкта. Які повинні бути розміри цієї зони і чому?
7. Чому виникає потреба вдаватися до гіпотез?
8. Поясніть ідею Одума Ю. про те, що саме організми викону-вали основну роль у розвитку і регуляції геохімічного середовища, сприятливого для них.
9. Чому вирубка лісів породжує екологічних біженців?
10. Які соціально-екологічні проблеми можливо вирішити завдяки «сміттєвій цивілізації»?



**• Дискутуємо з проблемних питань**

1. Що, на Вашу думку, повинно увійти до обов'язків неоеколога-експерта?
2. Які механізми, що відбуваються у навколишньому середовищі, необхідно вивчати, щоб можливо було вирішити проблеми прогнозування стану довкілля?
3. Чому формування якості навколишнього середовища тісно пов'язане з міграцією хімічних елементів?
4. З'ясуйте, чому будь-який антропогенний вплив є геохімічним?
5. Поясніть, чому атмосферні опади, що стікають з території промислових підприємств, є джерелом забруднення природ-них вод?
6. Біологічне тестування можна вважати позитивним чи негативним процесом?
7. Чи можуть мінятися місцями причина і слідство? Наведіть приклади.
8. Поясніть, чому штучне зростання еколого-економічного потенціалу обмежене термодинамічною стійкістю природ-них систем?
9. Будівництво дамб на річках не тільки позитивний факт. Чому?
10. Невже антропогенний фактор може впливати на частоту та силу землетрусів?

**• Training**

1. Назвіть об'єкт, предмет, методи досліджень (приклади) та понятійно-термінологічний апарат (приклади) неоекології.
2. Перелічіть відмінні риси неоекології.
3. Наведіть приклади фізичних і хімічних антропогенних забруднень.

4. Що є основними механізмами фізико-хімічної міграції хімічних елементів?
5. Перелічіть наслідки забруднень (за Стадницьким Г. В., Родіоновим А. І., 1988).
6. Яким чином класифікують промислові викиди в атмосферу?
7. Назвіть чотири закони екології, які визначив американський учений Б. Коммонер.
8. Перелічіть основні неоекологічні проблеми, сформульовані ООН.
9. Що є головними причинами надзвичайних ситуацій в Україні?
10. Перелічіть п'ять фаз процесу розпаду твердих побутових відходів.

**• Прокоментуйте вислови, цитати**

1. Прокоментуйте цитату доктора біологічних наук професора Реймерса М. Ф. з його книги «Екологія»: «Глобальна екологія... явно виходить за рамки біології... за рамки біосфери, вивчаючи екосферу планети, як космічного тіла».
2. Прокоментуйте цитату з підручника: «...об'єкт кожної неоекологічної науки вивчається у взаємозв'язку з об'єктами інших наук».
3. Як можна прокоментувати вислів: «Жоден закон не відмінняє інший»?
4. Прокоментуйте вислів Реймерса М. Ф. про те, що, згідно з четвертим законом Коммонера Б., ми повинні повертати природі те, що беремо від неї, інакше катастрофа неминуча.
5. Прокоментуйте загальні висновки Плотникова В. В. (1985) щодо впливу ЛЕП.

**• Визначіться в ситуації**

1. Яка може скластися ситуація на певній території, якщо будуть постійно існувати стихійні (неорганізовані) стоки та викиди?
2. Що, на Вашу думку, потрібно робити, якщо територія, де ви мешкаєте, визнана за ступенем небезпечності забруднення аномальною, помірно небезпечною?
3. Як можна оцінити в цілому ситуацію в Україні щодо забруднення атмосфери (якщо використовувати ІЗА)?
4. Поясніть, яка може скластися ситуація, якщо озонові дірки будуть постійно поширюватися?
5. Принципи узгоджуються з природою і суспільством або навпаки? Поясніть.
6. Як би були зміни у демографічній ситуації світу, якби у країнах, що розвиваються, значно підвищився рівень економіки?
7. Яким чином можна вирішити (у першу чергу) проблему браку води?
8. Яка складеться ситуація, якщо люди припинять вносити мінеральні добрива. Розглянути позитивні і негативні аспекти.
9. Що станеться, якщо людина буде протягом тривалого часу знаходитися під впливом електромагнітних хвиль?

#### **• Творчі питання**

1. Що має на увазі відомий еколог Реймерс М. Ф., пропонуючи термін «мегаекологія»?
2. Поясніть, чому грамотне полювання не може бути перешкодою?
3. Чому теплоенергетика є джерелом забруднення ґрунтів?
4. При визначенні найсильніших впливів для створення ОВНС використовуються певні методичні підходи. Обґрунтуйте необхідність складання матриць «вплив-наслідок». Наведіть приклади.

5. Наведіть приклади загальних законів розвитку природи.
6. Проілюструйте на прикладах закон толерантності Шелфорда.
7. Міжнародний ґрунтовий центр у Нідерландах свідчить, що 15 % всієї суші світу вже деградувало. Що цьому сприяло?
8. У чому особливості формування у населення «звукової культури»?
9. Чи може побутова електротехніка негативно впливати на стан здоров'я людини?

#### • *Значення провідних понять*

1. Дайте визначення поняття «соціосфера» за Реймерсом М. Ф.
2. Сформулюйте поняття «забруднення» у найбільш загальному вигляді?
3. Що таке «екологічний ресурс»?
4. Для чого застосовується «комплексний індекс забруднення атмосфери»?
5. Навіщо визначати сапробність води?
6. Назвіть чотири логічні закони.
7. Дайте визначення поняття «пилове забруднення».
8. Дайте визначення поняття «шумове забруднення».
9. Що таке «природні магнітні поля»? Як вони представлені в природі?
10. Що таке іонізуюче випромінювання?

#### • *Віхи історії*

1. Коли було затверджено нову назву напряму підготовки фахівців «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».
2. Вперше в науковий ужиток термін «кислотний дощ» ввів британський учений. Як його ім'я і в якому році це відбулося?

3. Коли і ким був відкритий мікрогаз озон?
4. У якому році була побудована перша холодильна машина і коли почалось промислове виробництво нового хладагента дихлордифторметану?
5. Які надзвичайні події, пов'язані з забрудненням атмосфери, відбулися в Лондоні у середині ХХ ст.?
6. Хто і коли створив гіпотезу Геї. Що було поштовхом для її створення?
7. Яка динаміка тривалості життя у світі з 70-тих років ХХ ст. та наприкінці ХХ ст.?
8. Коли і хто почав втілювати «План захисту тропічних лісів»?

*Зразок*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Екологічний факультет  
Кафедра екології та неоекології

Загальна екологія та неоекологія

Тестовий контроль з модуля 4  
«Теоретичні і практичні основи неоекології»  
(221 балів)

Прізвище, ім'я, по-батькові

№ залікової

книжки \_\_\_\_\_

Дата контролю \_\_\_\_\_ тривалість контролю

\_\_\_\_\_

**Частина 1 (104 бали)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Усі неоекологічні науки зайняті пізнанням  
закономірностей \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (1  
2 б.)

2. Чому при контролі рівня забруднення доцільно  
використовувати критерії екологічного  
ризiku \_\_\_\_\_ (5 б.)

3. Що передбачає екологічний  
імператив \_\_\_\_\_ (12 б.)

4. Для чого створюють техногенні геохімічні бар'єри \_\_\_\_\_  
(7 б.)

5. Що таке екологічне благополуччя водних об'єктів \_\_\_\_\_ (13 б.)
6. Назвіть головне завдання ОВНС \_\_\_\_\_ (15 б.)
7. Що собою уявляють природні і антропогенні джерела, що \_\_\_\_\_ сприяють утворенню кислотних дощів \_\_\_\_\_ (10 б.)
8. Дайте визначення поняттю «закон» \_\_\_\_\_ (9 б.)
9. Чому екосистеми є термодинамічними системами \_\_\_\_\_ (8 б.)
10. Який відсоток відходів використовується як вторинні ресурси? \_\_\_\_\_ (2 цифри) (2 б.)
11. Назвіть основні заходи боротьби із шумом \_\_\_\_\_ (8 б.)
12. Назвіть різні аспекти впливу ЛЕП на людину і навколишнє середовище \_\_\_\_\_ (3 б.)

## **Частина 2 (27 балів)**

### **Алгоритмічний рівень пізнання**

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вислови, цифри тощо.*

1. Антропосфера – видозмінена людьми частина \_\_\_\_\_ (1 сл.), \_\_\_\_\_ місце, \_\_\_\_\_ де \_\_\_\_\_ постійно здійснюється \_\_\_\_\_ (3 сл.) планети і куди воно проникає тимчасово. (4 б.)
2. Ядром багатокomпонентної науки неоекології є специфічний \_\_\_\_\_ (2 сл.), що сформувався на теоретичних \_\_\_\_\_ і \_\_\_\_\_ (2 сл.) основах \_\_\_\_\_ і \_\_\_\_\_ (2 сл.) компонентів. (6 б.)

3. Фундаментальна гілка неоекології тяжіє до \_\_\_\_\_ (1 сл.) наук, а галузева до \_\_\_\_\_ (1 сл.) (2 б.)
4. Найважливішою задачею науки в цілому є \_\_\_\_\_ (5 сл.) (5 б.)
5. Правило \_\_\_\_\_ (1 сл.) управління можна назвати \_\_\_\_\_ правилом \_\_\_\_\_ (3 сл.) (4 б.)
6. Аерозольне забруднення – забруднення повітря \_\_\_\_\_ (2 сл.) й \_\_\_\_\_ (1 сл.) речовинами. (3 б.)
7. Державний облік відходів – єдина державна система \_\_\_\_\_ (2 сл.), всебічного аналізу й збереження \_\_\_\_\_ (1 сл.) про відходи під час їхнього \_\_\_\_\_ (1 сл.) й здійснення операцій \_\_\_\_\_ (1 сл.) з ними. (5 б.)

### Частина 3 (13 балів)

#### *Репродуктивний рівень пізнання*

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірне наведене твердження.*

1. Центральним методом досліджень в неоекології є системний підхід. ТАК НІ
2. Короткочасно депонуючими середовищами є ґрунти і донні відкладення. ТАК НІ
3. Еколого-геохімічною нормою умов перебування людини в біосфері є кларкові концентрації. ТАК НІ
4. Для оцінки забруднення атмосфери використовують тільки одиничний індекс, що розраховується за даними спостережень 1-го поста. ТАК НІ
5. ОВНС не поширюється на весь період господарської діяльності. ТАК НІ
6. При концентрації 6-14% газ озон сприятливий. ТАК НІ



7. Закономірності, це стійкі істотні відносини. ТАК НІ
8. Закон біогенної міграції атомів дозволяє ТАК НІ  
управляти біохімічними процесами.
9. Рослини засвоюють 90 % добрив. ТАК НІ
10. При проведенні міжнародних спортивних ТАК НІ  
змагань не обов'язково враховувати питання  
охорони навколишнього середовища.
11. Звук при певних значеннях може зруйнувати ТАК НІ  
тверді тіла.
12. Дослідження свідчать, що сучасна людина ТАК НІ  
перебуває у надзвичайно складному  
магнітному навко-лишньому середовищі.
13. Інтенсивність біологічної дії зростає зі ТАК НІ  
збільшен-ням потужності електромагнітних  
хвиль і три-валості їх впливу.

#### **Частина 4 (11 балів)**

##### ***Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови використання завдання:** *Знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б.*

Група А	Група Б
А. Синтетичні неоекологічні дисципліни.	1. Закони, закономірності розвитку і функціонування антропосфери.
Б. Об'єкт неоекології.	
В. Аналітичні неоекологічні дисципліни.	2. Розробка оптимальних моделей.
Г. Токсична для неорганічних речовин у біосфері.	3. Екологія повітря. 4. Антропосфера.
Д. Зона забруднення.	5. Екологія людини.
Е. Форми хімічних елементів у	6. Розробка рекомендацій управління.

транспортуючих  
потоках.

Ж. Предмет неоекології.

З. Конструктивна стадія  
розвитку неоекології.

І. Санітарно-захисна зона.

К. Закон константності.

Л. Вимоги мінімальних  
норм харчування.

М. Промисловий пил.

Н. Ентропія.

О. Закон кореляції.

П. Природні радіонукліди.

7. Розчинна.

8. Частина зони впливів, де  
відбувається розсіяння.  
концентрацій поллютантів  
до безпечних рівнів.

9. Частина геохімічної  
аномалії, де забруднювачі  
досягають концентрацій,  
що здійснюють негативний  
вплив на живі організми.

10. Ступінь окислювання  
елемента. 11. Зважена.

12. Кількість живої речовини  
в

біосфері постійне.

13. Дратівливий.

14. Первинні й космогенні.

15. Ступінь займистості.

16. Токсичний.

17. Міра кількості  
недоступної  
для використання енергії.

18. 0,6 га/чол. землі, що  
обробляється.

19. Зміни в одній частині  
організму неминуче  
викликають зміни в інших.

### Відповіді:

А –

Б –

В – ...

### Частина 5 (23 балів)

#### *Репродуктивний рівень пізнання*

**Умови виконання завдання:** *Знайдіть вірну відповідь.*

1. Визначить дійсні стадії розвитку неоекології:

- а) оескриптивна; б) оосліоження  
оинаміки;  
в) рекомендації управління; г) конструктивна;  
д) розробка рекомендацій управління.
2. Забруднення класифікують у такий спосіб:  
а) біооенотичне; б) стаціонально-  
оеструкційне;  
в) параметричне; г) інгредієнтне.
3. За типами геохімічні потоки і ареали бувають:  
а) аерооенні; б) гідрооенні;  
в) обумовленні концентрацією живих організмів;  
г) пов'язані з засипанням відходами при будівництві;  
д) агрооенні.
4. Джерелом забруднення ґрунтів є:  
а) теплоенергетика;  
б) житлові будинки і побутові підприємства;  
в) промислові підприємства;  
г) сільське господарство;  
д) транспорт; е) атмосферні опади.
5. При проведенні ОВНС можуть бути використані наступні методи:  
а) експертні оцінки; б) матричний аналіз;  
в) сполучений аналіз карт; г) імітаційне  
моделювання;  
д) натурні і лабораторні експерименти.
6. Медики вважають, що зменшення озону навіть на 1% збільшує захворюваність раком шкіри на:  
а) 5-7 %; б) 10-20 %; в) 25-30 %.
7. На кожному трофічному рівні відбуваються втрати енергії:  
а) 1 %; б) 10 %; в) 25 %.
8. Закон піраміди енергії сформульований:  
а) Реймерсом М. Ф.; б) Одумом Ю.;

- в) Мітчерлихом Е.; г) Ліндеманом Р.
9. Використання води у світі розподіляється таким чином:  
а) 69 % – у сільському господарстві;  
б) 23 % – у промисловості;  
в) 8 % – побутові потреби.
10. До слабкого електромагнітного випромінювання відносяться:  
а) світлове; б) теплове; в) радіохвилі.

### Частина 6 (43 балів)

#### Творчий рівень пізнання

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

1. Прокоментуйте визначення Реймерса М. Ф. (1990) – «антро-посфера – \_\_\_\_\_ синонім соціосфери» \_\_\_\_\_ (8 б.)
2. У чому на Вашу думку, суть однієї з відмінних рис неоекології – пояснення і взаємне переплетіння вчень про \_\_\_\_\_ екосистему \_\_\_\_\_ і геосистему \_\_\_\_\_ (10 б.)
3. Як пояснити, що мікроорганізми як біологічний вид можуть \_\_\_\_\_ бути забруднювачем \_\_\_\_\_ (8 б.)
4. Внаслідок чого виникають несприятливі біологічні реакції \_\_\_\_\_ у \_\_\_\_\_ живих організмів \_\_\_\_\_ (7 б.)
5. З'ясуйте, чому самоочищення ґрунтів практично не відбувається \_\_\_\_\_ або \_\_\_\_\_ відбувається дуже повільно \_\_\_\_\_ (10 б.)

6. Що буде, якщо в міркуванні не буде дотримано одного із законів правильної побудови думки \_\_\_\_\_ (8 б.)
7. Чим досягається низька ентропія? \_\_\_\_\_ (5 б.)
8. Чому, на Вашу думку, проблема народонаселення і здоров'я стоїть першою у переліку неоекологічних проблем, сфор-мульованих М. К. Толбі. \_\_\_\_\_ (10 б.)
9. Зрошення – вкрай важливе і необхідне у багатьох регіонах світу. Але у чому його шкідливий вплив? \_\_\_\_\_ (10 б.)
10. Які проблеми можливо вирішити завдяки розвитку науки \_\_\_\_\_ (10 б.)

### **Частина 6 (43 балів)**

#### **Творчий рівень пізнання**

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

11. Прокоментуйте визначення Реймерса М. Ф. (1990) – «антропосфера – синонім соціосфери» \_\_\_\_\_ (8 б.)
12. У чому на Вашу думку, суть однієї з відмінних рис неоекології – пояснення і взаємне переплетіння вчень про екосистему і геосистему \_\_\_\_\_ (10 б.)
13. Як пояснити, що мікроорганізми як біологічний вид можуть бути забруднювачем \_\_\_\_\_ (8 б.)
14. Внаслідок чого виникають несприятливі біологічні реакції у живих організмів \_\_\_\_\_ (7 б.)
15. З'ясуйте, чому самоочищення ґрунтів практично не відбувається або відбувається дуже повільно \_\_\_\_\_ (10 б.)
16. Що буде, якщо в міркуванні не буде дотримано одного із законів правильної побудови думки \_\_\_\_\_ (8 б.)
17. Чим досягається низька ентропія? \_\_\_\_\_ (5 б.)
18. Чому, на Вашу думку, проблема народонаселення і здоров'я стоїть першою у переліку неоекологічних проблем, сфор-мульованих М. К. Толбі. \_\_\_\_\_ (10 б.)

19. Зрошення – вкрай важливе і необхідне у багатьох регіонах світу. Але у чому його шкідливий вплив? \_\_\_\_\_ (10 б.)
20. Які проблеми можливо вирішити завдяки розвитку науки ендоекології? \_\_\_\_\_ (10 б.)

## **МОДУЛЬ 5. ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ – ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ**

Програмні матеріали до модуля 5

### **НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ДО МОДУЛЯ 5**

#### **Основні**

1. Екологічний менеджмент.
2. Екологічне управління.
3. Екологічні міри.
4. Кадастр.
5. Природоохоронне законодавство.
6. Екологічна експертиза.
7. Метрологічне забезпечення вимірів.
8. Орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ).
9. Тимчасово допустимі концентрації (ТДК).
10. Гранично допустимі концентрації (ГДК).
11. Гранично допустимі концентрації повітря робочої зони (ГДК<sub>рз</sub>).
12. Гранично допустимі концентрації атмосферного повітря (ГДК<sub>ат</sub>).

13. Робоча зона.
14. Коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння.
15. Рівні небезпеки
16. Ефект сумації.
17. Фонова концентрація.
18. Тимчасово погоджені викиди.
19. Водокористування.
20. Водоспоживання.
21. Гранично допустиме навантаження на водний об'єкт.
22. Забруднення водного об'єкту.
23. Критерій забруднення води.
24. Водоохоронні заходи.
25. Гранично допустимі концентрації домішок у воді.
26. Хімічне споживання кисню.
27. Якість середовища.
28. Екологічний моніторинг.
29. Екологічна політика.
30. Критерій екологічного ризику.
31. Методологія оцінки екологічного ризику.
32. Схема керування екологічним станом міст і інших територій.

### Додаткові

1. Керування природокористуванням: адаптивне, нормативне, активне.
2. Кінцева мета керування.
3. Методи визначення ГДК: експериментальний і розрахунковий.
4. Граничні концентрації.
5. Летальні концентрації (ЛК).
6. Летальні дози (ЛД).
7. Виснаження водного об'єкту.
8. Лімітуючий показник шкідливості води.
9. Нормування вод першої категорії: санітарно-токсичний, загально санітарний, органолептичний ліміти.
10. Біологічне споживання кисню.
11. Напрямки досліджень СЕС: санітарно-фізико-хімічні; санітарно-ентомологічні; санітарно-гельмінтологічні; санітарно-бактеріологічні.

12. Моніторинг: глобальний, біосферний, національний, регіональний, локальний.
13. Ризик припустимий, частково припустимий, неприпустимий взагалі.

## **ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 5**

- *Знання, якими повинен володіти студент у результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 5*
1. Різноманітні підходи у міжнародній практиці щодо трактування поняття «екологічний менеджмент».
  2. Розуміти сучасну стратегію необхідності підготовки фахівців у галузі екологічного менеджменту.
  3. Функції екологічного менеджменту при вирішенні протиріч між суспільною діяльністю і захистом природного навколишнього середовища.
  4. Відмінності у смисловому змісті понять «екологічний менеджмент» і «екологічне управління» (адміністрування).
  5. Розуміти роль, місце і сутність екологічного менеджменту у природоохоронному законодавстві.
  6. Необхідність використання екологічної експертизи.
  7. Важливість та необхідність метрологічного забезпечення різноманітних вимірів.
  8. Основні принципи контролю і керування якістю атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів.
  9. Головні водоохоронні заходи, нормативні вимоги до якості вод.
  10. Функції СЕС.
  11. Функції, мету та завдання екологічного моніторингу, його види.
  12. Необхідність створення і виконання принципів екологічної політики.
  13. Основні принципи керування екологічним станом міст та інших територій.



**• Уміння, які мають сформуватися у студента  
в процесі вивчення модуля 5**

1. Використовувати на практиці адаптивну стратегію природокористування та принципи активного керування природокористуванням.
2. Використовувати у професійній діяльності державні кадастри.
3. Дотримуватися у майбутній діяльності Державних стандартів (ДСТ) та різних груп нормативів.
4. Визначати гранично допустимі концентрації.
5. Визначати показники щодо віднесення категорій якості вод.
6. Визначати регіони та території які можуть бути віднесені до еталонів чистоти природи.
7. Розробляти екологічні основи використання території.
8. Встановлювати характер обмежень, нормативів і т. ін., що забезпечують екологічно безпечну господарську діяльність.

**• Навички, які повинні бути сформовані в процесі  
вивчення модуля 5**

1. При виконанні майбутніх професійних дій формулювати кінцеву мету керування.
2. Визначати рівні екологічної небезпеки.
3. Розраховувати і прогнозувати ефект сумації можливого негативного впливу забруднюючих речовин на організм.
4. Використовувати методологію оцінки екологічного ризику.
5. Розробляти науково-обґрунтовану систему природокористування, керування екологічним станом.
6. Визначати оцінку впливу екологічних факторів на стан здоров'я населення.
7. Використовувати природно-ресурсні, соціально-економічні та медико-біологічні напрями досліджень при вивченні системи «природа–господарство–населення».

***Література до модуля 5***  
**Основна**

1. Клименко М. О. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології : підруч. / М. О. Клименко, П. М. Скрипчук. – К. : Академія, 2006. – 368 с.
2. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии : учеб. для вузов / Галина Дмитриевна Крылова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 711 с.
3. Кожушко Л. Ф. Екологічний менеджмент : підруч. / Л. Ф. Кожушко, П. М. Скрипчук. – К.: Академія, 2007. – 432 с.
4. Лукьянихин В. А. Экологический менеджмент: принципы и методы: монография / В. А. Лукьянихин, Н. Н. Петрушенко; под научн. ред. В. А. Лукьянихина. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2004. – 408 с.
5. Семенов В. Ф. Екологічний менеджмент : навч. посіб. / В. Ф. Семенов, О. Л. Михайлюк. – К. : Центр навчальної літератури, 2004. – 407 с.
6. Пахомова Н. Экологический менеджмент / Н. Пахомова, А. Эндерс, Н. Рихтер. – СПб. : Питер, 2003. – 544 с.
7. Шевчук В. Я. Екологічне управління: підруч. / В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський [та ін]. – К. : Либідь, 2004. – 432 с.
8. Яновська Е. С. Основы екологічного менеджменту та аудиту: навч. посіб. / Е. С. Яновська, В. А. Кузовенко, Н. М. Дяченко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський ун-т», 2006. – 178 с.

#### Додаткова

1. Бичківський Р. В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підруч. / Р. В. Бичківський, П. Г. Столярчук, П. Р. Гамула. – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів : Вид-во нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. – 560 с.
2. Герасимов И. П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира / И. П. Герасимов. – М. : Наука, 1985. – 247 с.
3. Гігієна і екологія: підручн. / За ред. В. Г. Бардова. – Вінниця : Нова Книга, 2006. – 720 с.
4. Дежкин В. В. Беседы об экологии / В. В. Дежкин. – М. : Молодая гвардия. 1975. – 196 с.

5. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль. – Л. : Гидрометеоиздат. – 1979. – 375 с.
6. Мельник Л. Г. Экологическая экономика / Л. Г. Мельник. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2001. – 350 с.
7. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.
8. Сидорчук В. Л. Развитие экологического аудита в сфере природопользования и охраны окружающей среды: теория, методы и практика / В. Л. Сидорчук. – М. : НИИ-Природа, РЭФИИ, 2002. – 458 с.
9. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: Учебник / Под ред. Л. Г. Мельника и Л. Хенса. – Сумы : Университетская книга, 2007. – 1120 с.
10. Стадницкий Г. В. Экология: учеб. пособ. / Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – М. : Высш. шк, 1988. – 272 с.
11. Стадницкий Г. В. Законы экологии: учебно-справ. пособ./ Г. В. Стадницкий. – СПб. : СПб. госуд. технол. ун-т растительных полимеров, 2003. – 36 с.
12. Топчиев А. Г. Геоэкология: географические основы природопользования / А. Г. Топчиев. – Одеса: Астропринт, 1996. – 392 с.

## Навчальні матеріали до модуля 5

Екологічний менеджмент, на думку деяких вчених, – це контроль і управління, які з одного боку, є одним із центральних розділів неоекології, з іншого – це назва нової навчальної дисципліни і спеціальності (спеціалізації), за якою здійснюється підготовка фахівців у декількох вищих навчальних закладів світу. З цього року таку підготовку починає здійснювати і Україна. Підкреслимо, що поняття екологічного менеджменту в Україні є відносно новим і до тепер не закріпленим законодавчо. Відносність новизни є в тому, що в першій частині цього підручника, майже на самому його початку, зазначалося, що екологія, за висловом Дежкина В. В. (1975), перетворилася на науку про управління і що поява у визначенні поняття «екологія» терміноелементу «система» автоматично викликає появу терміноелементу «управління». Отже, це дійсно новий напрям і не лише для України. Серед значного переліку причин, що обумовлюють це, є наявність різних поглядів, тлумачень як самого терміну, так і його співвідношення з такими спорідненими поняттями, як «управління», «адміністрування» та іншими.

Згідно з міжнародним стандартом ISO 14000, **екологічний менеджмент** – це частина загальної системи управління підприємством, що включає організаційну структуру, певне коло відповідальності, управлінські процедури і процеси, а також ресурси, необхідні для визначення та впровадження екологічної політики підприємства. У спрощеному розумінні менеджмент – це вміння досягати окреслених цілей, використовуючи працю, інтелект, мотиви поведінки інших людей; функція, вид діяльності з керівництва людьми в найрізноманітніших організаціях. «Менеджмент» – це також сфера людського знання, яка допомагає здійснити функцію керівництва в тих випадках, коли потрібні знання більш високого рівня. Часто менеджмент визначають як вияв мистецтва управління і невід’ємну частину культури. Окрему нішу у вирішенні цієї проблеми займає підручник Шевчука В. Я. та інших (2004) «Екологія управління». В ньому розкриті основні системні складові екологічного управління: державні, корпоративні, місцеві, громадські і спеціальні

цільові системи. Наведено сучасні теоретико-методологічні й нормативні основи, механізми екологічного управління, у тому числі міжнародні і європейські аспекти. Ця дійсно фундаментальна праця заслуговує на детальний розгляд у спеціальному навчальному посібнику «Екологічний менеджмент», який планується видати пізніше. Зараз аналіз націлено на розгляд саме поняття «екологічний менеджмент». А воно авторами підручника Шевчука В. Я. та ін. визначається як ринково зорієнтована складова загальної системи управління підприємством, корпорацією, що має за мету досягнення екологічної вигоди або прибутку із застосуванням ринкових механізмів. Екологічний менеджмент може розглядатися як складова загальної системи екологічного управління, що гармонізує її функціонування в загальній системі управління і яка спрямована на екологізацію загальних функцій управління. Між тим розуміння авторів цього підручника відносно екологічного менеджменту значно ширше ніж те, що переважно використовується. Є всі підстави не погодитися з твердженням, що термін менеджмент доцільно зберегти саме для «визначення структури і процесу управлінських функцій *усередині організацій* (виділено авторами) будь-якого типу» (Яновська Е. С., Кузовенко В. А. Дяченко Н. М., 2006). Вважаємо, що це досить звужене розуміння, а точніше лише один і, головне, не найбільш значний пункт (частина) екологічного менеджменту. По-перше, екологічний менеджмент недоцільно (неправомірно) розуміти як напрям *суспільної діяльності*. Це, без сумніву, як державна, так і суспільна діяльність. Яскравим підтвердженням, перш за все, державної складової у діяльності в галузі екологічного менеджменту, на наш погляд, є те, що фахівців з екологічного менеджменту готують вищі навчальні заклади декількох країн світу. У зв'язку з цим необхідно вести мову не про зниження функцій державного механізму управління природокористуванням і природоохоронною діяльністю, а про трансформацію природоохоронних функцій держави. А звідси, на наш погляд, необхідне оптимальне поєднання командних і регулюючих функцій держави з широким залученням громадськості. Лише у такому сенсі екологічний менеджмент слід розглядати як дійсно нову ідеологію екологічного управління в сучасних умовах.

**Екологічний менеджмент – нова ідеологія державного екологічного управління на всіх ієрархічних рівнях життєдіяльності з широким залученням висококваліфікованих професійних громадських діячів, націлена на всеосяжний і всебічний максимально можливий захист і збереження природної якості навколишнього середовища, на мінімізацію негативного впливу людської діяльності.**

В Україні екологічним менеджментом дійсно займається широка громадськість. Без вияву відношення суспільства до будь-якого проекту не може здійснитися жодна, мала чи велика, екологічна діяльність. Хіба то не є управлінням екологічною діяльністю, коли не можна організувати будівництво, наприклад, сміттєзвалища у будь-якому населеному пункті, чи не можна без узгодження з громадськістю споруджувати канал «Дунай – Чорне море» (до речі, в якому з боку держави брали участь і автори, а з боку громадськості – близько десяти міжнародних суспільних організацій)? Виходячи з цього, у розумінні авторів екологічний менеджмент є ще і всеосяжною, всебічною екологічною діяльністю, націленою на *максимально можливий захист і збереження природної якості навколишнього середовища, на мінімізацію негативного впливу людської діяльності на природне навколишнє середовище*. Підкреслимо, що ключовим словом у нашому визначенні є «мінімізація», бо автори розуміють, що не існує жодної людської діяльності, яка б не впливала на навколишнє середовище. На відміну від багатьох біологів і так званих «громадських працівників», які виступають проти майже всіх започаткувань, автори вважають за необхідне здійснювати екологічну експертизу на високому професійному рівні. Не можна це робити на рівні домогосподарок, бабусь та інших так званих «громадських працівників», які, до речі, як показує досвід, не рідко фінансово зацікавлені бізнесовими або політичними структурами. Це не «широка демократія», а

екологічна безграмотність на рівні суспільства. Необхідне наукове обґрунтування доцільності чи недоцільності тієї чи іншої людської діяльності, включаючи і обґрунтування висококваліфікованих громадських діячів. В такому випадку чи з таким підходом справді буде здійснюватися екологічне управління.

Таке розуміння екологічного менеджменту буде дійсно відповідати вирішенню протиріч між суспільною діяльністю і захистом природного функціонування складових навколишнього середовища.

Відносно тлумачення екологічного менеджменту у вузькому розумінні цього поняття, тобто як частини загальної системи управління підприємством і т. ін. згідно з ISO 14000, автори залишають його без коментарів.

Розглядати «екологічний менеджмент» без співставлення з «екологічним управлінням» (адмініструванням), означає загубити розуміння специфічних функцій цих двох різних понять. Сучасне формулювання поняття «екологічне управління» (адміністрування) можна надати так:

**Екологічне управління (адміністрування) – діяльність державних органів і екологічних суб'єктів, спрямована на дотримання обов'язкових вимог природоохоронного законодавства, а також на розробку й реалізацію відповідних цілей, проектів і програм.**

**(Яновська Е. С., Кузовенко В. А., Дяченко Н. М., 2006)**

Відмінність двох аналізованих понять наведено в наступній таблиці (табл. 5.1).

Не дивлячись на вище означену різницю між цими двома поняттями, вони обидва трактуються як комплексна різнобічна діяльність, спрямована на реалізацію екологічних цілей, проектів і програм.

**Таблиця 5.1**

**Відмінності в поняттях «екологічний менеджмент» і  
«екологічне управління» (адміністрування)**

Відмінності	Екологічне управління	Екологічний менеджмент
У суб'єктах діяльності (рівнях організації)	Здійснюється уповноваженими органами державної влади національного та регіонального рівнів і економічними суб'єктами	Здійснюється виключно економічними суб'єктами на базі державного регулювання
У мотиваціях	Зовнішньо мотивована діяльність, яка визначається вимогами природоохоронного законодавства держави	Внутрішньо мотивована діяльність, яка керується, у першу чергу, принципами екоефективності та екосправедливості
У характері діяльності	Обов'язкова й примусова діяльність, яка здійснюється в рамках посадових обов'язків та інструкцій, незацікавленість у кінцевому результаті	Свідомо добровільна й ініціативна діяльність, яка залежить від особистої зацікавленості менеджера в кінцевих результатах. Творча праця на кінцевий результат
В інструментах екополітики (засадах керівництва)	Адміністративно-командні й, додатково, економічні засоби	Економічні засоби ринкового характеру з елементами адміністративно-командного стилю
У співвідношенні процесу та результату	Перевага процесу над результатом. Можливе ігнорування від'ємних результатів	Перевага результатів над процесами їх досягнення. Активне використання негативних результатів
Заохочувальні стимули	Відсутні	Присутні
Наявність нових функцій	Відсутні	Екологічний інжиніринг, екологічний аудит, екологічний маркетинг, екологічна освіта і культура
У можливості імітації	Відносна легкість імітації та фальсифікації ефективної діяльності	Практична неможливість імітації та фальсифікації ефективної діяльності

За будь яких умов, як екологічний менеджмент, так і екологічне управління (адміністрування), а також екологічний контроль, що забезпечує обидві діяльності, базуються на нормативно-правовій основі, що закріплена природоохоронним



законодавством. У зв'язку з цим необхідно визначити поняття «природоохоронне законодавство» для загального розуміння його ролі, місця й сутності в проблемі, що розглядається. Однак існує ще один надзвичайно важливий важіль керування – екологічний.

**Екологічні заходи – плата за ресурси, штрафи за забруднення й економічний збиток об'єктивно знижують економічну ефективність природоємного виробництва та роблять його не вигідним і нерентабельним.**

Але в умовах гострого дефіциту на ту або іншу продукцію й монопольне її виробництво суспільство залишається зацікавленим у випуску такої продукції за всяку ціну. За цих умов дієвість економічних важелів помітно знижується. До того ж місцева влада стає економічно залежною від платежів за ресурси й екологічний збиток і мало зацікавлена в радикальному переході до екологічно безпечної економіки (Топчієв О. Г., 1998). Це ще раз підкреслює особливу роль нормативно-правових важелів, вірніше обов'язкове сполучення *економічних і нормативно-правових важелів*.

Топчієв О. Г. (1998), посилаючись на досвід Росії, розглядає *адаптивне, нормативне й активне керування природокористуванням* на різних ієрархічних рівнях.

**Адаптивна стратегія природокористування** реалізується на рівні природних (ландшафтних) зон. Тут господарська діяльність людини повинна бути максимально вписана й пристосована до природно-ресурсного й екологічного потенціалу природних зон. На *регіональному рівні* керування пріоритетною повинна стати *нормативно-правова стратегія*, спрямована на зняття й недопущення регіональних екологічних проблем і відтворення ресурсів.

**Активне управління природокористуванням** реалізується на *урбанізованих територіях*, тобто в міських агломераціях, промислових вузлах, портово-промислових комплексах і т. ін. Воно спрямовано на формування природно-антропогенних, природно-

технічних систем із регульованими господарськими впливами й навантаженнями.

На *локальному* рівні, тобто на рівні окремих природокористувачів пріоритетною знову стає адаптивна стратегія, яка максимально враховує місцеві природні й соціально-економічні умови природокористування.

**Природоохоронне законодавство – сукупність природоохоронних норм і правових актів, об'єднаних спільністю об'єктів, предметів, принципів і цілей правової охорони природи.**

Існують *закони й підзаконні акти* (нормативно-правові акти державних органів, наприклад, Державні будівельні норми України – ДБН і т. ін.). Важливе значення для раціонального природокористування має *кадастрова система*.

**Кадастр – це перелік усіх об'єктів того чи іншого виду ресурсів. Наприклад, державний земельний кадастр, що включає перелік усіх земельних угідь із повною характеристикою їхньої продуктивності, стану, використання.**

Існують водний, лісовий кадастри та ін.

Важливе місце в системі контролю й управління займає *стандартизація*.

Основна форма стандартів – *Державні стандарти* визнача-

**Стандартизація – це встановлення єдиних норм і вимог до сировини, напівфабрикатів, готових виробів і матеріалів.**

ють вимоги до управління процесом зменшення забруднення навколишнього природного середовища.

У найбільш загальній систематиці корисно розрізняти *чотири групи нормативів* (Топчієв О. Г., 1996): 1) стандарти якості навколишнього середовища (ГДК); 2) нормативи

режимів природних об'єктів – режими водоохоронних зон, курортних зон, зелених зон міст, приморських зон і ін. (нормативи першої й другої груп дотепер практично не пов'язані між собою й використовуються незалежно один від одного); 3) нормативи гранично допустимих викидів (ГДВ) і гранично допустимих навантажень (ГДН) на територію при даному виді її господарського використання; ГДВ встановлюються для повітряного й водного середовищ; ГДН – для угідь із ресурсами, що відновлюються (розрахункові лісосіки, норми уловів і відстрілів, випасів, забору води й ін.); ГДВ і ГДН завжди мають конкретний характер, тобто розраховуються стосовно до деяких регіональних і локальних умов; 4) нормативи припустимих перетворень – оранки, осушення, обводнювання, заліснення, забудови, а також нормативи оптимального співвідношення з різними етапами використання для регіонів з різними природними умовами (ця група нормативів слабо розроблена; у числі спеціальних функцій керування – аналіз еколого-економічної ефективності виконання заходів щодо охорони навколишнього середовища).

***Кінцева мета керування – забезпечення всіх вимог екологічної ніші людини через керування якістю середовища.***

Системі стандартів з охорони природи в колишньому СРСР привласнений номер 17. Ця система охоплює винятково широке коло питань: від вимог до апаратури для спостережень за якістю повітря й порядку відбору проб до природоохоронної термінології. Система 17 включає дев'ять груп стандартів (№№ 1-9). Кожний номер відповідає тому або іншому охоронному об'єкту. Наприклад, група 17.1 означає «Охорона природи. Гідросфера» і т. ін. Наступна цифра, тобто 17.1.1 означає безпосередній зміст стандарту, наприклад, терміни й визначення. Наступні цифри – порядковий номер стандарту в даній групі, наприклад, 17.1.1.01 і наступна цифра через тире – рік, тобто 17.1.1.01-80.

Існують *екологічні нормативи*, яким привласнена *функція стандартів*. Такими є *гранично допустимі концентрації* (ГДК)

шкідливих речовин у природних середовищах. Обов'язковим елементом контролю й керування стала *екологічна експертиза*.

**Екологічна експертиза** – сукупність державних природоохоронних заходів, спрямованих на перевірку відповідності проектів, планів заходів в області господарського будівництва й використання природних ресурсів вимогам екологічного захисту навколишнього середовища.

Державній екологічній експертизі також присвячена ціла навчальна дисципліна, тому тут ми наводимо її тільки як складову системи контролю й керування природним середовищем.

Надзвичайно важливе значення має поняття *«метрологічне забезпечення вимірів»*.

З погляду метрології істотне поняття вимірюваної величини, що, власне, і підлягає кількісній оцінці. На відміну від параметрів, що не вимірюються, а оцінюються розрахунковими, органолептичними або іншими методами, вимірювані величини контролюються шляхом *прямого виміру*.

**Метрологічне забезпечення вимірів** – це система заходів щодо розробки й використання наукових і організаційних основ проведення вимірів; нормативно-технічної документації; методів і методик виконання виміру; засобів вимірів і обробки даних з метою досягнення єдності й необхідної точності вимірів.

Особливе поширення й значення одержали *санітарно-гігієнічні* норми. У метрологічній практиці однією з основних вимог є зазначення *необхідної погрішності виміру нормованої величини*. Відсутність даних про значення необхідної погрішності вимірів або недостатнє обґрунтування її призначення виключає можливість оптимального підбору й розробки методик і засобів вимірів та викликає серйозні економічні наслідки.

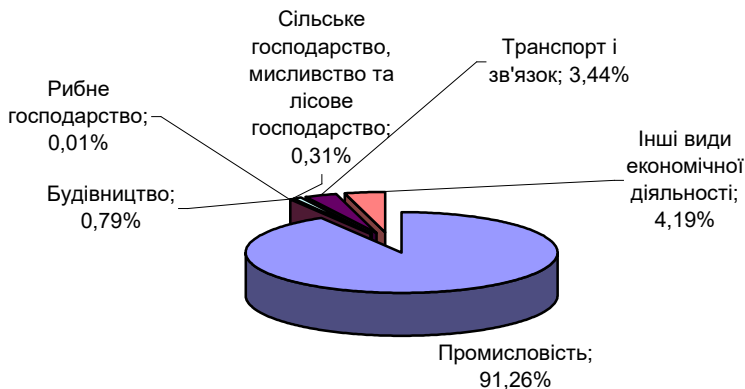
Ознайомившись із загальними положеннями контролю й керування якістю природного середовища, необхідно засвоїти елементи контролю й керування якістю окремих компонентів природного середовища (компонентний контроль і керування) і, насамперед, повітря, води й ґрунти.

**Контроль і управління якістю атмосферного повітря.** Основним положенням, яка визначає головні принципи контролю й керування якістю атмосферного повітря, є те, що забезпечити повне запобігання забруднення навколишнього середовища поки немає можливості, тому необхідно досягти максимально можливого обмеження надходження забруднюючих речовин у природне середовище, зокрема в атмосферу. Існує цілий ряд засобів і шляхів рішення поставленого завдання. Це, насамперед удосконалення технологічних процесів; впровадження систем пилезагоочистки й інших; застосування стандартів, що обмежують викид і вміст найнебезпечніших забруднюючих речовин.

Комітет експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) опублікував зведення допустимих рівнів забруднення, тобто усередненого граничного вмісту домішок – середньорічних, середньодобових, середньоперіодичних.

Забруднення повітря речовинами, що утримуються (є в наявності) в промислових викидах, повинне контролюватися (рис. 5.1).

Санітарно-гігієнічні нормативи забезпечують такий рівень забруднення, який не виводить концентрації певних пріоритетних антропогенних ЗР за допустимий діапазон, що є свого роду стандартом. Він являє собою величини гранично допустимих концентрацій (ГДК), тимчасово допустимих концентрацій (ТДК), ЛК (летальних концентрацій), порогових концентрацій (ПК), орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) та ін.



**Рис. 5.1** – Викиди шкідливих речовин у повітря за видами економічної діяльності

*Гранично допустима концентрація* – максимальна концентрація шкідливої речовини (ШР) в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу осереднення, яка при періодичному впливі або протягом усього життя людини не впливає і не вплине шкідливим чином (включаючи віддалені наслідки) на неї і на навколишнє середовище загалом.

До останнього часу в усіх визначеннях ГДК переважав антропоцентричний підхід. Так, за визначенням Реймерса М. Ф. (1990), ГДК – норматив, кількість ШР у навколишньому середовищі, яка при постійному контакті чи впливі за певний проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків у його потомства. Останнім часом при визначенні ГДК враховується не тільки міра впливу забруднювачів на здоров'я людини, але і їх вплив на диких тварин, рослини, гриби, мікроорганізми, а також на природні співтовариства загалом. Якщо речовина справляє шкідливий вплив на довкілля в менших концентраціях, ніж на людину, то при нормуванні виходять з порогу дії цієї речовини на

навколишнє природне середовище (біологічні нормативи). Останні дослідження привели до висновку про відсутність нижніх безпечних порогів, а отже ГДК, при впливі канцерогенів антропогенного походження (наприклад, діоксини та ін.) і іонізуючої радіації. Будь-яке перевищення ними звичних природних фонів небезпечно для живих організмів в ланцюзі поколінь.

Критерії якості довкілля запропоновані Міністерством охорони здоров'я країни після дослідів на тваринах і добровольцях-людях по визначенню безпечних рівнів впливу токсичних речовин на живі організми. ГДК в Україні, Росії та інших країнах закріплені законодавчо. Відповідність якості довкілля цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Таким чином, повинно виконуватися таке співвідношення між концентрацією ( $C$ ) і ГДК (обидві мають розмірність –  $\text{мг/м}^3$ ):  $C \leq \text{ГДК}$ . Встановлено, що в місцях відпочинку людей (рекреаційні зони) рівень забруднення атмосфери не повинен перевищувати  $0,8 \text{ ГДК}_{\text{сд}}$ .

Залежно від часу впливу розрізняють ГДК *максимальні разові* ( $\text{ГДК}_{\text{мр}}$ ), *середні добові* ( $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ ) і *робочої зони* ( $\text{ГДК}_{\text{рз}}$ ).  $\text{ГДК}_{\text{мр}}$  – відноситься до 20-30-хвилинного інтервалу осереднення, встановлюється для попередження рефлексних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.  $\text{ГДК}_{\text{сд}}$  – концентрація ЗР у повітрі, що не здійснює на людину прямий або непрямий шкідливий вплив при цілодобовому вдиханні; відноситься до необмеженого періоду осереднення і введена з метою попередження загально-токсичної, мутагенної, канцерогенної або іншої дії.  $\text{ГДК}_{\text{рз}}$  – це рівень концентрації ЗР, який не повинен викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 годин (але не більше 41 години на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під *робочою зоною* розуміють шар повітряного простору висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Розроблені класи небезпеки шкідливих речовин: 1) *надзвичайно небезпечні* (бенз(а)пірен, свинець, барій, сполуки ртуті, озон, хром, гексахлоран, ціановодень, оксид ванадію, ДДТ

**ГДК<sub>рз</sub>** – концентрація, яка при щоденному (крім вихідних днів) 8-годинному робочому дні або при іншій тривалості, але не більше 41 години на тиждень протягом усього робочого стажу, не може викликати захворювань чи відхилень у стані здоров'я в процесі роботи або у віддалений термін життя сьогодення й наступних поколінь.

**Робоча зона** – це простір висотою до 2 м над рівнем підлоги або площадки, на якій розташовані місця постійного чи тимчасового перебування робітників.

тощо); 2) *високо небезпечні* (сірчана кислота, сірководень, кофеїн, феноли, діоксид азоту, бензол, хлор, оксиди марганцю тощо); 3) *помірно небезпечні* (діоксид сірки, тютюн, бутиловий спирт, пил, сажа тощо); 4) *мало небезпечні* (оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар тощо).

При відсутності даних про ГДК окремої забруднюючої речовини розробляються і використовуються орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ) і тимчасово допустима концентрація (ТДК).

**Орієнтований безпечний рівень впливу** — це тимчасовий орієнтовний гігієнічний норматив вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони, атмосфері населених пунктів, водоймах, пунктах харчування.

Обґрунтовується розрахунками за параметрами *токсикометрії й фізико-хімічних властивостей речовини*, які здійснюють вплив на основі кореляційно-регресійної залежності або шляхом інтерполяції й екстраполяції в рядах близьких за будовою сполук. Затверджується на обмежений термін (два-три роки), після чого може бути замінений (перезатверджений) на новий термін або відмінений залежно від перспективи



застосування речовини й наявної інформації щодо його токсичної властивості.

Основним показником, що використовується для контролю якості повітря, є *гранично допустимі концентрації шкідливих речовин* (ГДК). У 1971 р. у колишньому СРСР уперше був затверджений перелік ГДК 120 речовин для населених пунктів, який пізніше неодноразово доповнювався. У теперішній час значення ГДК розроблені на понад 1000 забруднюючих речовин.

**3 позиції екології ГДК конкретної речовини являє собою верхні межі факторів, що лімітують фактори середовища (зокрема, хімічних сполук), при яких їхній вміст не виходить за допустимі границі екологічної ніші людини.**

У реальній практиці застосовується роздільне нормування вмісту домішок у *повітрі робочої зони* і в *атмосферному повітрі населеного пункту*. Необхідність роздільного ШР у повітряному середовищі визначається умовами сприйняття шкідливих речовин людьми. Наприклад, для  $SO_2$  (другий клас небезпеки):  $ГДК_{\text{мр}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ;  $ГДК_{\text{сд}} = 0,05 \text{ мг/м}^3$ ;  $ГДК_{\text{рз}} = 10 \text{ мг/м}^3$ .

Існує два методи визначення ГДК: *експериментальний* і *розрахунковий*. При цьому встановлюють *граничні концентрації*, *середні летальні концентрації* ( $ЛК_{50}$ ), *середні летальні дози* ( $ЛД_{50}$ ), де цифра 50 позначає загибель половини стандартної групи тварин.

**КМІО – коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння – токсикометрична характеристика. Ці дані необхідні для визначення класу небезпеки речовини, що використовуються при обґрунтуванні системи профілактичних захисних заходів.**

Існують також методи експертного визначення ГДК шляхом побудови на основі місячного експерименту логарифмічних

залежностей типу «концентрація – час». За постійну величину приймають *ефект впливу*.

В основу *критерію реальної небезпеки* може бути покладена *схема біологічних відповідей на впливи забруднюючих речовин*, запропонована експертами ВООЗ. Відповідно до цієї схеми виділяються п'ять основних рівнів небезпеки: 1) *надзвичайно небезпечний* – підвищена смертність населення; 2) *високо небезпечний* – наявність підвищеної захворюваності населення; 3) *небезпечний* – наявність фізіологічних ознак хвороб; 4) *помірковано небезпечний* – діагностуються фізіологічні та інші зрушення невідомого характеру; 5) *мало небезпечний* – відбувається нагромадження забруднюючих речовин в органах і тканинах. Ця шкала надалі одержала розвиток і певну трансформацію, що відбито в цьому підручнику.

Деякі ШР мають однаправлену дію або володіють *ефектом сумачії*. При наявності в атмосфері декількох ( $n$ ) шкідливих речовин, що справляють сумарну дію, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці:  $C_1 / ГДК_1 + C_2 / ГДК_2 + \dots + C_n / ГДК_n \leq 1$ . Ефектом сумачії володіють, наприклад, фенол і діоксид сірки; діоксид сірки і діоксид азоту; діоксид сірки і сірководень; озон, діоксид азоту і формальдегід та ін.

***Ефект сумачії* – здатність одночасного впливу на організм декількох речовин, які мають складний несприятливий вплив.**

*Приклад:* Встановлено наявність пар фенолу й ацетону в концентраціях  $C_{\text{ацет.}} = 0,375 \text{ мг/м}^3$ ,  $C_{\text{фен.}} = 0,009 \text{ мг/м}^3$ . Для них ГДК наступні:  $ГДК_{\text{ацет.}} = 0,345 \text{ мг/м}^3$ ,  $ГДК_{\text{фен.}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$ . Кожний ШР окремо не перевищує ГДК, але вони мають ефект сумачії. Виходить, необхідно їх підсумувати, тоді  $0,345 + 0,009 = 0,354 \text{ мг/м}^3$ . Отримана величина 0,354 вище, ніж кожна з установлених для кожної речовини окремо. Отже, забруднення повітря перевищує допустимий рівень.

СНіП 245-71 передбачає перелік речовин, для яких необхідний облік ефекту сумачії в атмосферному повітрі. У навчальному посібнику Стадницького Г. В. й Родіонова А. Н.

(1988, с. 170-171) наведений даний перелік. Цей же СНіП передбачає такий ліміт концентрації ШР: у повітрі на території підприємства – 30% ГДК<sub>рз</sub>; у повітрі населених пунктів з жителями 200 тис. чол. і на курортах – 80% ГДК<sub>мр</sub>.

Таке трикратне розходження обумовлене тим, що повітря території підприємства використовується для вентиляції виробничих приміщень, тому повітря для провітрювання, має бути незабрудненим.

При проектуванні підприємств необхідно враховувати викиди вже існуючих підприємств, тобто фонову концентрацію.

**Фоновая концентрация** вмісту речовин у повітрі й воді населених місць визначається глобальною або регіональною сумою природних і антропогенних процесів.

Це значить, що потрібно обмежити викиди проектного підприємства з обліком уже діючих, тобто існуючого фону.

Регламентація викидів в атмосферу здійснюється на основі встановлення *гранично допустимих викидів* ДСТ 17.2. 1.04-77.

**Гранично допустимі викиди (ГДВ)** – науково-технічні нормативи, які передбачають, що концентрація забруднюючих речовин у приземному шарі повітря від джерела, або їхньої сукупності, не перевищує нормативну концентрацію цих речовин, що погіршують якість повітря.

Розмірність ГДВ – грам у секунду (г/с), тобто кількість речовини, що викидається в одиницю часу. Критерієм для встановлення ГДВ є ГДК. *Тимчасово погоджені викиди* встановлюються в тому випадку, якщо концентрація шкідливої речовини перевищує допустиму за об'єктивних причин і знижується поетапно. Тоді для кожного етапу встановлюються тимчасово погоджені викиди. Вони визначаються галузевим міністерством за узгодженням з органами охорони здоров'я. Контроль за дотриманням установлених норм буває *державний*,

відомчий, суспільний. Держконтроль здійснюють Мінприроди і МОЗ України.

**Контроль і керування якістю води у водних об'єктах.** Вода, на відміну від атмосфери, як природне утворення більше локалізоване в просторі. Це істотно збільшує результативність її впливу на здоров'я людини й життя будь-яких наземних біогеоценозів. Тому важливим завданням контролю й керування є встановлення допустимих навантажень на водні об'єкти в результаті водокористування й водоспоживання.

**Водокористування – використання води без вилучення її з місць природної локалізації. Основні водокористувачі: рибне господарство, водний транспорт, гідроенергетика.**

Стадницький Г. В. і Родіонов А. Н. (1988) вважають, що необхідно вести мову про розробку *нормативів гранично допустимого екологічного навантаження*, оскільки вода може змінюватися, тобто можливо *виснаження об'єкта* й руйнування екологічної системи або використання для рибного лову, відпочинку, купання. *Допустиме навантаження на водний об'єкт* ( $C_{\text{доп.}}$ ) визначається як різниця між установленим нормативним навантаженням ( $C_{\text{норм.}}$ ), інакше кажучи, можливістю, і вже існуючої ( $C_{\text{іст.}}$ ), тобто кількістю води, що скидається:

$$C_{\text{доп.}} = C_{\text{норм.}} - C_{\text{іст.}}$$

**Гранично допустиме навантаження на водний об'єкт (ГДН) – ступінь гранично припустимого забруднення води, а також здатність до нейтралізації домішок.**

Поняття «забруднені води» не абсолютне, воно стосується цілком конкретного місця, зони чи певного виду водокористування. Забруднюючою речовиною є тільки надлишкова домішка, що порушує нормативи якості води, а не будь-яка домішка у воді й не в будь-якій кількості.

**Водоспоживання** – використання води, пов'язане з вилученням її з місць локалізації із частковою або повною незворотною витратою й поверненням у джерела водозабору в зміненому (забрудненому) стані. Основні водоспоживачі – сільське господарство, промисловість, культурно-побутове господарство.

**Водний об'єкт** вважається *забрудненим*, якщо показники складу і властивостей води змінилися так, що склад частково або повністю став непридатним для одного з видів водокористування.

**Під забрудненням** водного об'єкта розуміють такий його стан в офіційно встановленому місці використання, при якому спостерігається відхилення від норми у бік збільшення (більшого вмісту) тих чи інших нормованих компонентів.

**Критерієм забруднення води** (див. також «Критерії якості вод») є погіршення її якості внаслідок зміни органолептичних властивостей і поява шкідливих речовин для людини, тварин, птахів, риб, кормових і промислових організмів (залежно від виду водокористування), а також підвищення температури води, що змінює умови для нормальної життєдіяльності водних організмів.

Стадницький Г. В. і Родіонов А. Н. (1988) критикують це визначення в «Правилах...», тому що птахи й риби – це теж тварини, і погіршення може настати не тільки від підвищення

температури, але й від зниження. Необхідно вести мову про зміни температурного режиму води.

**Водоохоронними заходами називають комплекс заходів, здійснення якого забезпечує дотримання норм якості води в місцях водокористування.**

Це також неправомірне визначення, адже важливі не тільки місця водокористування. *Заходи* бувають *юридичні, економічні, технічні й організаційні*. Необхідно ще додати найважливіші – *екологічні* (див. «Екологічна оцінка якості вод»).

**Нормативні та інші вимоги до якості води.** Основні вимоги – це дотримання групи екологічних стандартів, що оцінюють стан навколишнього середовища в цілому. Якість же води повинна відповідати ГДК.

Границі створу на водотоках, у межах якого повинні дотримуватися нормативи, наступні: в 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування; на непротічних – 1 км з обох сторін від пункту водокористування. Як бачимо, усе прив'язано до *пунктів водокористування*. Якщо стічні води скидати в межах

**ГДК домішок у воді – нормативний показник, що виключає несприятливий вплив на організм людини й можливість обмеження або порушення нормальних умов господарсько-питного, культурно-побутового й іншого видів водокористування.**

даного населеного пункту, то всі ці вимоги повинні ставитися до самих стічних вод, тобто їхнє *очищення до стандарту вимірюється перед скиданням води*.

Для водних об'єктів також застосовується *роздільне нормування якості води*, хоча принцип поділу тут інший і пов'язаний з *категорією водокористування* (рис. 5.2).

Для різних категорій водокористування пред'являються різні вимоги. Наприклад, якщо для першої категорії ГДК аміаку ста-



**Рис. 5.2** – Категорії водокористування

новить (по азоту)  $2 \text{ мг/дм}^3$ , то по другій категорії водокористування – в 40 разів нижче; для гексахлорану – для першої категорії ГДК =  $0,02 \text{ мг/дм}^3$ , для другої категорії ГДК = 0. Нафтопродукти – для першої категорії ГДК =  $0,3 \text{ мг/дм}^3$ , для другої категорії ГДК =  $0,05$ , тобто значно нижче.

Для забезпечення чистоти водних об'єктів використовується ще один норматив – *лімітуючий показник шкідливості*, що відбиває пріоритетність (запах, токсичність і т. ін.) вимог до якості води. Тому в основу нормування води першої категорії покладені переважно *санітарно-токсичний, загально санітарний і органолептичний ліміти*, другої категорії води – *токсичний і частково органолептичний*. Існують ГДК для води першої групи за 640 речовинами, для другої – за 147 речовинами, причому лише деякі з них присутні в обох списках.

З інших показників забруднення, для яких визначені роздільні вимоги, приводяться наступні: зважені речовини; плаваючі домішки; запахи й присмаки; фарбування; температура; *pH*; мінеральний склад; розчинений кисень; збудники захворювань; отруйні речовини; біохімічна потреба в кисні.

Як і для повітря, у воді дійсно співвідношення:

$$C_1/ГДК_1 + C_2/ГДК_2 + \dots + C_n/ГДК_n \leq 1,$$

де  $C_i$  – фактичні концентрації речовин у воді;  $ГДК_i$  – ГДК відповідної речовини у воді.

Оцінка небезпеки стоку щодо споживання ним розчиненого кисню здійснюється за такими показниками: 1) *хімічне споживання кисню (ХСК) або хімічна потреба в кисні (ХПК)*; 2) *біохімічне споживання кисню (БСК) або біохімічна потреба у кисні (БПК)*.

Розміреність ХСК (ХПК) і БПК (БПК) однакова – у  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ . Основний наслідок перевищення БСК (БПК) і ХСК (ХПК) – загроза *антропогенної евтрофікації* водного об'єкту.

**ХСК (біхроматна окислюваність) – кількість  $\text{O}_2$  (в мг), яка потрібна для хімічного окислення всіх органічних і неорганічних речовин відновників в 1  $\text{дм}^3$  води. Окислювачем при цьому є  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .**

БСК (БПК) – кількість кисню (в мг), необхідна для біохімічного окислення (за рахунок діяльності мікроорганізмів) органічних речовин, що містяться в 1  $\text{дм}^3$  воді, при температурі  $20^\circ\text{C}$  протягом 5 діб ( $\text{БСК}_5$ ) або 20 діб ( $\text{БСК}_{20}$ ).  $\text{БСК}_{20}$  ще називають повним  $\text{БСК}_{\text{пов}}$ .

***Антропогенна евтрофікація – підвищення біологічної продуктивності водних екосистем в результаті збагачення їх живильними речовинами, що надходять внаслідок людської діяльності.***

**(Реймерс М. Ф., 1990)**

*Контроль і управління якістю води* передбачає рішення наступних завдань: 1) визначення необхідного ступеня очищення (знешкодження, знезараження) стічних вод; 2) встановлення ступеня розведення стічних вод при виборі місця проектного підприємства з метою розсіювання до безпечних концентрацій їх у пункті водокористування; 3) прогнозування якості води на задану перспективу.



Для рішення цих завдань існують певні рівняння й формули, що забезпечують одержання необхідних розрахунків.

**Контроль забруднення ґрунтів.** Ґрунт відрізняється малою рухливістю й складністю фізико-хімічних процесів, що відбуваються в ньому. Ксенобіотики піддаються тут особливо сильному метаболізму (обміну речовин), більше того, перемішування пов'язане в основному тільки із вмиванням, вимиванням, просочуванням. Специфічність ґрунту, імовірно, є причиною того, що ГДК забруднюючих речовин у ґрунті розроблені значно слабкіше, ніж для шкідливих речовин у повітрі. Це переважно *отрутохімікати*, що використовуються для захисту рослин від шкідників і хвороб, зокрема, гексахлор та ін. Наприклад, ГДК для хлорофосу становить 0,5 мг/кг, а його ПЗК (*допустимі залишкові кількості пестицидів у ґрунті*) в рослинних продуктах – 1,0 мг/кг. Розмірність: мг на 1 кг маси ґрунту або продукту (карбофос ГДК = 2,0 мг/кг, ПЗК = 1-3 кг; гексахлорциклогексан ГДК = 1,0 мг/кг і ПЗК = 1,0 мг/кг).

Санітарно-епідеміологічні станції (СЕС) здійснюють *попереджувальний* санітарний контроль (для розробки схем очищення) і *поточний* для санітарної охорони шляхом регулювання своєчасного збору відходів.

СЕС у містах проводять такі дослідження щодо визначення санітарно-гігієнічних показників ґрунтів: 1) *санітарно-фізико-хімічні* – визначення загального азоту до органічного, кислотності, БСК, окислювання, сухого залишку, сульфатів, хлоридів і ін.; 2) *санітарно-ентомологічні* – облік чисельності санітарних мух як у ґрунті, так і у відходах, на відкритому повітрі, у приміщеннях; 3) *санітарно-гельмінтологічні* – визначення гельмінтів; 4) *санітарно-бактеріологічні* – виявлення, насамперед, бактерій кишкової групи.

У цілому *санітарний стан ґрунтів* оцінюється майже за 20 показниками, серед них визначають наявність: азоту амонійного й нітратного, хлоридів, пестицидів, важких металів, нафти й нафтопродуктів, фенолів і летких речовин, сірчистих сполук, *pH*, радіоактивних речовин, різних бактерій, гельмінтів і т. ін.

**Поняття про екологічний моніторинг.** Екологічний *моніторинг* (або *моніторинг довкілля*) в сучасному розумінні можна розглядати як багатофункціональну аналітично-інформа-

ційну систему, яка охоплює такі напрями: 1) спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі елементи довкілля; 2) оцінку та аналіз фактичного стану всіх складових довкілля; 3) прогнозування стану довкілля і оцінка цього стану; 4) забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

Різновидів моніторингу безліч. У Реймерса М. Ф. (1990) наведено близько десяти, до речі, *екологічного моніторингу* як такого у цього автора немає. Але термін набув широкого поширення, і це цілком закономірно, оскільки для того, щоб розумно управляти природокористуванням, необхідно одержувати інформацію про якість середовища – сукупності її параметрів, які цілком відповідають як екологічній ніші людини, так і науково-технічному прогресу суспільства.

**Якість середовища** – це вихідне поняття в оцінці оптимальних умов середовища.

**Якість середовища** – ступінь відповідності природних умов потребам людини або інших живих організмів.

(Реймерс М. Ф., 1990)

Воно може бути виражене в абсолютних одиницях і відносних (балах). Але абсолютні одиниці практично ніде не вживаються. У США з 1969 р. існує бальний показник – індекс якості природного середовища. Його максимальне значення 700 балів. Він визначається за результатами бальної оцінки стану води, повітря, природних ресурсів та ін. Відомо, що цей індекс із 406 балів в 1969 р. знизився до 346 в 1977 р. Імовірно, ці дані застаріли.

Для його знаходження необхідно мати точку відліку, тобто якесь певне значення показників даної якості. Ізраель Ю. А. (1979) називає такі значення «*фоновими*», тобто такими, що не піддаються локальним антропогенним впливам. Ці значення змінюються. Поняття «*фонові*» тут має трохи інший відтінок, ніж той, про який мова йшла раніше. Безперечно, повинні існувати *критичні рівні якості середовища* (мінімальні й максимальні). Перехід через них веде до незворотних змін. Все це вимагає дотримання *гранично допустимого екологічного*

навантаження (ГДЕН). Пізніше покажемо, що порівнювати ці два показники не можна.

Досягнення цієї мети забезпечує моніторинг. Латинське слово *моніторинг* (рос. *впередсмотрящий*) перекладається як «той, хто спостерігає» або «застережливий».

*Об'єктами моніторингу* можуть бути природні, антропогенні та природно-антропогенні екосистеми (геосистеми), елементи антропосфери.

**Секретаріат ООН з навколишнього середовища визначив екологічний моніторинг як систему повторних спостережень у просторі й у часі з певними цілями відповідно до заздалегідь підготовлених програм.**

***Мета моніторингу* – проведення спостережень для одержання інформації про якість середовища, а також експериментів, моделювання процесів як основи прогнозування.**

Моніторинг може бути *локальний* і *глобальний*. Глобальний моніторинг здійснюється штучними супутниками Землі. Останній часто називають *біосферним* моніторингом. Крім *біосферного*, виділяють *національний*, *регіональний* і *локальний*.

Герасимов І. П. (1981) ділить систему моніторингу на блоки, кожен з яких має свої завдання й базове забезпечення.

*Біологічний (санітарний)*. Його об'єкти: приземний шар повітря, поверхневі й ґрунтові води, промислові й побутові стоки.

*Геосистемний (господарський)*. Його об'єкти: зникаючі види тварин і рослин, природні екосистеми, агросистеми, лісові екосистеми.

*Біосферний (глобальний)*. Його об'єкти: атмосфера (тропосфера) і озоновий шар, гідросфера, рослинний і ґрунтовий покрив, тваринний світ.

Існують й інші класифікації. Але, ймовірно, головне не те, як і хто виділяє різні види моніторингу. *Головне – контроль*

досягнення гранично допустимих екологічних навантажень (ГДЕН) або ГДК. Це основне й принципове питання, і його необхідно розглянути трохи докладніше. Справа в тому, що раніше ми вели мову про дискусійність прийняття головного показника ГДК. Дедалі потужнішим стає альтернативний показник — *критерій екологічного ризику*. Для того, щоб самим розібратися в доцільності використання ГДК або критерію екологічного ризику, розглянемо цей критерій загалом.

*Критерій екологічного ризику – альтернатива ГДК.* Варто підкреслити, що за останні роки Україна підписала значну кількість міжнародних правових актів в області екології. Основними серед них є: Віденська конвенція про охорону озонового шару, Монреальський протокол про озоноруйнуючі речовини й цілий ряд протоколів, які стосуються транс-граничного забруднення атмосфери (про них уже йшла мова).

Отже, *екологічна політика України повинна відповідати світовій екологічній політиці*. А це означає, що Україна зобов'язана скорегувати свою природоохоронну політику відповідно до міжнародних норм, істотно її перебудувати, забезпечити пріоритетність природоохоронної справи над усіма іншими видами господарювання. Доти, доки це не буде зроблено, ми будемо стояти над прірвою.

Таким чином, перший крок – кардинальна зміна пріоритетів в екологічній політиці. *Найпершим завданням* є необхідність розпрощатися з думкою про те, що чистота навколишнього середовища може бути досягнута шляхом введення нормативів гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин і встановленням штрафів за порушення цих нормативів. Такий підхід виправданий тільки тоді, коли рівень забруднюючих речовин речовин істотно перевищує ГДК. *Але так не завжди й не скрізь*. Як правило, забруднення здійснюється повільно й поступово, у малих кількостях. І найголовніше, подальше зниження їхнього вмісту еко-

*Екологічна політика: глобальна* – проведення міжнародно-правових, політичних та зовнішньо-економічних акцій з урахуванням екологічних обмежень у соціально-економічному розвитку, запасів природних ресурсів, які є у світі, та їх розподіл між країнами; може набувати агресивного характеру, виходячи за межі міжнародних угод; *державна* – соціально-економічна політика, у т. ч. міжнародна, побудована на розумінні достоїнств та нестатків, пов'язаних з екологічним станом територій і акваторій (включаючи повітряний простір) країни (з урахуванням перспективного розвитку господарства й зміни чисельності населення) та природних ресурсів, що знаходяться в її межах.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

номічно не вигідне: створюється своєрідна межа економічної ефективності природоохоронних заходів і науково-технічного прогресу. Простіше кажучи, суспільству такі витрати не під силу.

Сучасні засоби моніторингу навколишнього середовища фіксують у воді, повітрі й ґрунтах отруйні речовини, що перебувають у дуже незначних кількостях, але здатні сильно впливати на здоров'я людини. Ситуація ускладнюється й стає практично непередбаченою, коли ми маємо справу із сумішшю речовин, які належать до різних класів — фізичних, хімічних, біологічних. Серед них є радіоактивні ізотопи, хімічні мутагени, які впливають на все живе, перебуваючи в дуже низьких концентраціях. Як тут бути із ГДК?

Повністю виключити цей ризик немає можливості, існує можливість лише зменшити його.

Ключовою ланкою «концентрації ризику» є здоров'я людини, а еталоном чистоти природи – відсутність захворюва-

**В основу сучасної екологічної політики в багатьох країнах світу покладений критерій екологічного ризику. Суть його полягає в тому, що в навколишньому середовищі завжди існують фактори, які спричиняють той чи інший рівень ризику для людини.**

ності, викликаной екологічними порушеннями. Рівні вмісту шкідливих речовин у середовищах при цьому варто розглядати як необхідні, але проміжні показники якості середовища.

Таким чином, на основі кількісної оцінки екологічного ризику можна розробити заходи, спрямовані на забезпечення мінімального ризику. Оскільки в реальності ми маємо справу з комплексом речовин, які негативно впливають на здоров'я людини, необхідно визначити найнебезпечніші серед них і спрямувати свої зусилля на їх нейтралізацію.

Зараз за кордоном практикується така методологія оцінки екологічного ризику: 1) визначення величини ризику шляхом токсикологічних випробувань на основі отриманих результатів шкал небезпеки; 2) екологічна експертиза діючих підприємств і тих, які проектується, їхнє ранжування за рівнем небезпеки для навколишнього середовища; 3) мінімізація ризику шляхом пошуку й реалізації спеціальних заходів, які мали б поступальний характер.

На спеціальний розгляд заслуговує проблема допустимості екологічного ризику, де враховуються такі моменти: 1) вигода від продукції, що виробляється; 2) втрати від повної або часткової заборони цього виробництва; 3) наявність доступних засобів зменшення потенційного негативного впливу виробництва цієї продукції на навколишнє середовище і здоров'я людини.

Відомо, що витрати на скорочення шкідливих викидів на 4% на завершальній стадії очищення (від 95 до 99 %) дорівнюють витратам при зниженні цього показника від 0 до 95 %.

Отже, додаткове очищення навколишнього середовища доцільне лише в тому випадку, коли ризик для здоров'я людини, обумовлений 5 % залишком забруднення, має істотне значення й виправдовує додаткові витрати.

Залежно від рівня ризику є *три варіанти рішення* проблеми: 1) ризик припустимий; 2) ризик частково припустимий; 3) ризик неприпустимий взагалі.

У двох останніх випадках необхідні заходи з *мінімізації* або *попередження ризику*.

Таким чином, *першочергове завдання* – *заборона виробництв із токсичними відходами й широке впровадження екологічно безпечних технологій і товарів*. Україна підписала «Декларацію ООН про навколишнє середовище», відповідно до якого «Держави... відповідають за те, щоб діяльність, що здійснюється на їхній території або територіях, які перебувають під їхньою юрисдикцією, не завдавала шкоди навколишньому середовищу інших держав...» Це особливо важливо для української нації, яка існує й розвивається в умовах підвищеного радіоактивного фону.

У числі основних завдань перебуває рішення питання *захисту від забруднення енергетикою*. Адже на підігрів атмосфери йде тепла більше, ніж на суспільні потреби. Необхідний пошук і розвиток нетрадиційних видів енергії. А всі індустріально розвинені країни витрачають на дослідження викопного палива у п'ять разів більше засобів, ніж на розвиток екологічно чистої енергетики, питома вага якої поки що становить 1/17 частину світового виробництва (до речі, атомна енергетика становить 1/20 частину виробленої енергії).

Підписавши зазначені вище міжнародні угоди, Україна тим самим заявила про своє бажання дотримуватися світової точки зору в галузі екологічної політики. Щоб не викликати неповагу до себе світового співтовариства, необхідно досягнути гармонії господарювання з навколишнім середовищем. А це можливо лише за умови *раціоналізації* структури промисловості й сільського господарства на основі пріоритету екології.

**Схема управління екологічним станом міста та інших територій.** Управління екологічним станом території різного розміру – надзвичайно актуальна й практично значуща проблема. Існує значна кількість розробок щодо різних систем керування, проте недостатньо вивчені регіональні схеми, особливо комплексні схеми, що поєднують керування з оздоровленням. Саме такі комплексні схеми пропонуються до розгляду.

З огляду на широкомасштабність дій щодо розробки й упровадження схеми вивчення й оздоровлення міста, області, регіону (умовно назвемо її «Екоздоров'я») і далі будемо так іменувати), доцільно скласти серії підпрограм наукової програми.

**Мета програми з вивчення та оздоровлення міст – визначення стратегії «Екоздоров'я», основних (пріоритетних) напрямків досліджень відповідно до основ наукової концепції, складеної на стадії підготовки схеми «Екоздоров'я», і робочої координуючої програми.**

Ця програма визначає тактику складання комплексної схеми вивчення й оздоровлення навколишнього середовища, окреслює коло конкретних питань досліджень, робочих програм за кожним блоком триєдиної системи «природа-господарство-населення» і за кожним окремим компонентом (складовою). Доцільно в певному конкретному випадку встановити робочі програми за найбільш істотними (значимими) видами і типами забруднень. Усі робочі програми необхідно складати на базі наукової й координуючої програми. У такому випадку підготовка схеми буде здійснюватися за єдиною стратегією і тактикою, об'єднаними єдиною метою, завданнями й методами досягнення бажаних результатів.

У зв'язку із цим насамперед необхідно: 1) розробити екологічні основи використання території з метою збереження якості природного середовища; 2) встановити характер обмежень, нормативів і т. ін., які забезпечують екологічно безпечну господарську діяльність; 3) провести оцінку природно-територіальної структури міста, області, регіону в аспекті їхніх регіональних особливостей, середовищетуворюючих функцій, стійкості цільової орієнтації;

**Схема управління екологічним станом міста й інших територій покликана забезпечити розробку екологічних основ для оптимальних умов проживання людей.**

4) підготувати науково обґрунтовану систему природокористування, управління екологічним станом, що забезпечує досягнення



оптимальної відповідності й сполучення природоохоронних і економічних цілей.

***Стратегією «Екоздоров'я» є доведення до оптимального мінімуму протиріччя між прагненням до найбільшого задоволення потреб людини (поліпшення добробуту) і екологією, природокористуванням і охороною природи.***

При всьому різноманітті шляхів подолання зазначених протиріч кожен із них характеризується великою трудомісткістю здійснення, вимагає чималих матеріальних та інтелектуальних витрат і, звичайно ж, часу для досягнення поставленої мети.

У зв'язку із цим виникає нагальна потреба розробки невідкладних пріоритетних напрямків програми «Екоздоров'я», здійснених у найближчі роки, але обов'язково як *складової частини довгострокової науково обґрунтованої програми оздоровлення навколишнього середовища*. Тільки такий підхід дозволить відійти від стихійного, неефективного латання дірок і вести цілеспрямовану, постійну, планомірну роботу щодо відбудови й підтримки (формування) екологічно безпечного навколишнього середовища.

Основними методами досліджень є системний і ландшафтно-структурний у поєднанні з необхідними галузевими методиками.

Виходячи з вищевикладеного підходу, доцільно прийняти як базу «Схему вивчення й оздоровлення міста, області, регіону» (рис. 5.3). Надалі робочі програми необхідно будувати, ґрунтуючись на даній моделі.

Таким чином, єдиним об'єктом досліджень повинна бути *цілісна система «природа-господарство-населення»* незалежно від того, які б галузеві дослідження не проводилися. Напрямки досліджень визначаються *трьома блоками системи*: 1) природно-ресурсним; 2) соціально-економічним; 3) медико-біологічним (назви умовні).

Пріоритетність першочергових досліджень щодо *першого блоку* визначається втратою територією своїх екологічно безпечних середовище- і ресурсоформуючих властивостей, і звідси впливає явна загроза здоров'ю людей, які мешкають на

цій території. Головним завданням робочої програми щодо першого блоку повинне бути відновлення здатності навколишнього природного середовища забезпечувати оптимальний режим життєдіяльності населення. Природно, необхідно в першу чергу провести роботи й невідкладні заходи з оцінки стану ландшафтно-екологічних систем. Ця задача може бути вирішена за умови розробки критерію оцінки екологічного стану території.

Пріоритетність першочергових досліджень щодо **другого блоку** визначається недосконалістю в екологічному аспекті територіальної організації господарства, обмеженням господарської діяльності, капітальними і трудовими витратами, без обліку екологічного фактора. Головним завданням щодо другого блоку є, з одного боку, розробка екологічних нормативів і обмежень господарської діяльності, з іншого – важелів економічного стимулювання безпечного виробництва й іншої діяльності, а також оптимальної відповідності господарської спеціалізації природним умовам, стійкості природно-територіальних систем і т. ін.

Пріоритетність першочергових досліджень щодо **третього блоку** визначається зростаючою питомою вагою екологічного фактора в стані здоров'я населення. Його вплив на генетичний фонд превалює не тільки у специфічних, але й у найпоширеніших захворюваннях. Головним завданням щодо медико-біологічного блоку є встановлення закономірностей зв'язку екологічного стану території з окремими видами захворювань і станом здоров'я людини в цілому; виявлення причинних зв'язків і наслідків; розробки негайних заходів щодо захисту населення від екологічно небезпечних явищ, процесів, факторів. Досягнення цієї мети забезпечується виробленням критеріїв оцінки впливу екологічних факторів на стан здоров'я.

Пріоритетним питанням є *управління екологічним станом і природокористуванням*. Розробка схеми управління є довгостроковим завданням, тому на першому етапі доцільне створення наступної структури формування даного процесу (рис. 5.4).

Як видно з наведеної схеми, основна ідея, закладена в основу побудови, полягає у функціонуванні двох взаємно пов'язаних блоків: *блоку внутрішнього контролю* (блоку самоконтролю) і *блоку зовнішнього контролю*. Блок самоконтролю повинен базуватися на нових економічних відносинах, тобто будь-яка діяльність повинна базуватися на економічній

зацікавленості в екологічно безпечній життєдіяльності. Без цього сподіватися на ефективність контролю немає сенсу. За такого підходу зовнішній контроль (як правило, державний) має бути максимально жорстким і забезпечувати повну ліквідацію джерела забруднення, а не здійснювати малозначущі штрафи і попередження. Тільки така корінна перебудова системи екологічного менеджменту здатна зупинити неспинний рух націй до екологічної катастрофи.

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 5

### • *Питання для обговорення*

1. Як пояснити те, що екологічний менеджмент передбачає ще й максимально можливий захист і збереження природної якості навколишнього середовища?
2. У чому різниця понять «екологічний менеджмент» та «екологічний аудит»?
3. Поясніть сутність «ефекту сумачії». Для чого його необхідно передбачати?
4. З'ясуйте суть проблеми допустимості екологічного ризику.
5. Чому при створенні оптимальних умов проживання людей у місті необхідно підготувати науково-обґрунтовану систему природокористування, керування екологічним станом, що забезпечить досягнення відповідності й сполучення природоохоронних та екологічних цілей.

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Що таке нормативи природних об'єктів?
2. Поясніть зміст поняття «фонові концентрації».
3. Чим відрізняється водокористування від водоспоживання?
4. Як розраховується допустиме навантаження на водний об'єкт?
5. Для чого потрібна наукова програма щодо керування екологічним станом міст і інших територій.

### • *Обґрунтуємо проблемність питань*

1. Для чого і яким чином на екологічну експертизу можуть здійснювати вплив бізнесові та політичні структури?
2. Чим обумовлене трикратне розходження ліміту концентрації шкідливих речовин у повітрі різноманітних об'єктів, на яких перебуває людина?
3. Що мається на увазі, коли йдеться про виснаження водного об'єкту?
4. Чим відрізняється природне евтрофування вод від антропогенного? Наведіть приклади.
5. Чому чистота навколишнього середовища не може бути досягнута шляхом введення нормативів ГДК?

• *Дискутуємо з проблемних питань*

1. Поясніть, чому екологічна експертиза є складовою контролю й керування природним середовищем?
2. Навіщо необхідно встановлювати ГДК?
3. Для чого у містах СЕС проводять дослідження санітарно-гігієнічного стану ґрунтів? Які показники визначаються?
4. З якою метою необхідно створювати моніторинг навколишнього природного середовища?
5. Чому екологічна політика України повинна відповідати світовій екологічній політиці?

• *Training*

1. Наведіть приклади протиріч між суспільною діяльністю і захистом природного функціонування складових навколишнього середовища.
2. Наведіть приклади екологічних суб'єктів, яким необхідно екологічне адміністрування.
3. Знайдіть відповідні документи та визначте, що включає водний і лісовий кадастри.
4. Назвіть основні чотири групи нормативів (Топчієв О. Г., 1996).
5. Перелічіть засоби і шляхи обмеження надходження забруднюючих речовин в атмосферу.
6. Назвіть показники, за якими оцінюється санітарний стан ґрунтів.

• *Прокоментуйте вислови, цитати*

1. Прокоментуйте цитату щодо формування поняття «менеджмент», наданого Яновською Е. С. та ін. (2006): «...Це вияв мистецтва управління і певна частина культури».
2. Поясніть цитату з підручника: «...необхідно вести мову не про зниження функцій державного механізму управління природокористуванням і природоохоронною діяльністю, а про трансформацію природоохоронних функцій держави».
3. Що мав на увазі проф. Топчієв О. Г. (1998), коли писав, що «місцеві влади стають економічно залежними від платежів за ресурси й екологічний збиток і мало зацікавлені в радикальному переході до екологічно безпечної економіки».

4. Прокоментуйте вислів з Декларації ООН про навколишнє середовище – «Держави... відповідають за те, щоб діяльність, що здійснюється на їх території, яка перебуває під їхньою юрисдикцією, не завдавали шкоди навколишньому середовищу їх держав...».
5. При створенні програми оздоровлення міст у медико-біологічному блоці головним завданням є встановлення закономірностей зв'язку екологічного стану території з окремими видами захворювань і станом здоров'я людини в цілому. Прокоментуйте це.

• **Визначіться в ситуації**

1. Яка б склалася ситуація у суспільстві, якби не існувало санітарно-гігієнічних норм?
2. Щоб сталося, якби не були встановлені різноманітні ГДК?
3. За яких умов водний об'єкт вважається забрудненим?
4. Що станеться, якщо будуть перевищені показники БСК і ХСК у водному об'єкті?
5. Чому, у випадку, коли спрогнозовано, що ризик є частково припустимий, необхідні заходи з мінімізації або попередження ризику?

• **Творчі питання**

1. Поясніть, чому орієнтовно безпечний рівень впливу затверджується на обмежений термін (2-3 роки)?
2. Чому критерієм для встановлення ГПВ є ГДК?
3. Поясніть, чому вода, на відміну від атмосфери, істотно більше впливає на здоров'я людини й життя будь-яких наземних біогеоценозів?
4. Чому в числі основних завдань щодо вирішення проблеми екологічного ризику перебуває рішення питання захисту від забруднень енергетикою?
5. У чому суть гармонії господарювання з навколишнім середовищем?

• **Визначення провідних понять**

1. Дайте визначення поняття «екологічний менеджмент».



2. Дайте визначення поняття «гранично допустимі концентрації робочої зони».
3. Поясніть, що таке гранично допустиме навантаження на водний об'єкт?
4. Дайте визначення поняття «екологічна політика».
5. З'ясуйте стратегію «Екоздоров'я».

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Екологічний факультет  
Кафедра екології та неоекології  
Загальна екологія та неоекологія

Тестовий контроль з модуля 5  
«Екологічний менеджмент – запорука ефективного  
використання та збереження природних ресурсів»  
(138 балів)

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_  
№ залікової книжки \_\_\_\_\_  
Дата контролю \_\_\_\_\_ тривалість контролю \_\_\_\_\_

**Частина 1 (44 бали)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Екологічний менеджмент за міжнародним стандартом ISO 14000 – це \_\_\_\_\_ (15 б.)
2. На що спрямована адаптивна стратегія природокористування? \_\_\_\_\_ (10 б.)
3. Що таке стандартизація? \_\_\_\_\_ (8 б.)
4. Чим відрізняється максимально разові ГДК від середньодобових ГДК? \_\_\_\_\_ (5 б.)
5. Для чого необхідно розраховувати коефіцієнт можливого інгалаційного отруєння? \_\_\_\_\_ (6 б.)

**Частина 2 (25 балів)**

***Алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вирази, цифри тощо.*

1. Екологічні міри – плата за \_\_\_\_\_ (1 сл.), штрафи за \_\_\_\_\_ (1 сл.) й \_\_\_\_\_ (2 сл.) (4 б.)

2. Природоохоронне законодавство – це сукупність \_\_\_\_ (2 сл.) і правових \_\_\_\_ (1 сл.), об'єднаних спільністю об'єктів \_\_\_\_ (3 сл.) правової \_\_\_\_ (2 сл.) (8б.)
3. Існує схема біологічних відповідей на впливи забруднюючих речовин, де виділяють такі рівні небезпеки: \_\_\_\_ (5 сл.) (5 б.)
4. В основу сучасної екологічної політики в багатьох країнах світу покладений \_\_\_\_ (3 сл.) (3 б.)
5. Схема керування екологічним станом міст покликана забезпечити розробку \_\_\_\_ (2сл.) для оптимальних \_\_\_\_ (3сл.) (5 б.)

### **Частина 3 (5 балів)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірно наведене твердження.*

- |  |     |    |
|--|-----|----|
| 1. Екологічний менеджмент – це напрям        | ТАК | НІ |
| суспільної діяльності.                       |     |    |
| 2. Екологічний контроль базується на         | ТАК | НІ |
| нормативно-правовій основі.                  |     |    |
| 3. ГПВ і ГПН розраховуються відповідно до    | ТАК | НІ |
| великих регіонів і міждержавних умов.        |     |    |
| 4. Забруднюючою речовиною є будь-яка         | ТАК | НІ |
| домішка у воді й в будь-якій кількості.      |     |    |
| 5. Сучасні засоби моніторингу навколишнього  | ТАК | НІ |
| середовища фіксують у воді, повітрі, ґрунтах |     |    |
| отруйні речовини, що перебувають у дуже      |     |    |
| незначних кількостях, але здатні впливати на |     |    |
| здоров'я людини.                             |     |    |

### **Частина 4 (9 балів)**

#### ***Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови використання завдання:** *Знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б.*

Група А

Група Б

- |  |  |
|--|--|
| <p>А. Адаптивна стратегія природокористування.</p> <p>Б. Об'єкт моніторингу.</p> <p>В. ГПВ.</p> <p>Г. Затверджений вперше перелік ГДК.</p> <p>Д. Еталон чистоти природи.</p> <p>Е. Активне керування природокористуванням.</p> <p>Ж. ГПН.</p> <p><b>Відповіді:</b></p> <p>А –            Б –            В – ....</p> | <p>1. Урбанізовані території.</p> <p>2. Угіддя з ресурсами, що відновлюються.</p> <p>3. Природно-антропогенні геосистеми.</p> <p>4. 1971.</p> <p>5. Ландшафтні зони.</p> <p>6. Антропогенні системи.</p> <p>7. Повітряне і водне середовище.</p> <p>8. 120 речовин для населених пунктів.</p> <p>9. Відсутність захворюваності, що викликана екологічними порушеннями.</p> |
|--|--|

### **Частина 5 (20 балів)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Знайдіть правильну відповідь.*

1. Екологічний менеджмент:
  - а) нова ідеологія екологічного управління у сучасних умовах;
  - б) мінімізація впливу антропогенної діяльності;
  - в) державна діяльність;
  - г) суспільна діяльність.
2. Екологічна експертиза:
  - а) державні природоохоронні заходи;
  - б) перевірка відповідності проектів вимогам екологічного захисту довкілля;
  - в) відповідність використання природних ресурсів вимогам екологічного захисту.
3. Існують методи визначення ГДК:
  - а) польовий;
  - б) експериментальний;
  - в) розрахунковий;
  - г) алгоритмічний.
4. Контроль за дотриманням встановлених норм буває:
  - а) державний;
  - б) регіональний;
  - в) відомчий;
  - г) суспільний;
  - д) локальний.
5. Водоохоронні заходи бувають:
  - а) юридичні;
  - б) економічні;
  - в) технічні;
  - г) організаційні;
  - д) екологічні.

6. Об'єкти геосистемного моніторингу:
- а) зникаючі види тварин і рослин;
  - б) природні екосистеми;
  - в) агросистеми;
  - г) лісові екосистеми.

### **Частина 6 (35 балів)**

#### ***Творчий рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

1. Висловіть свою точку зору щодо вислову «мінімізація негативного впливу людської діяльності» \_\_\_\_\_ (8 б.)
2. Чи є «екологічний менеджмент» частиною екологічного управління? \_\_\_\_\_ (6 б.)
3. Що відбудеться, якщо не буде існувати метрологічне забезпечення вимірів при екологічних дослідженнях? \_\_\_\_\_ (5 б.)
4. Що станеться, якщо при забудові промислової зони не враховувати «ефект сумації» речовин, які надходитимуть до атмосфери під час роботи підприємств \_\_\_\_\_ (10 б.)
5. Якщо не здійснювати локальний моніторинг, \_\_\_\_\_ (6 б.)
  - а) юридичні;      б) економічні;      в) технічні;
  - г) організаційні;      д) екологічні.
6. Об'єкти геосистемного моніторингу:
  - а) зникаючі види тварин і рослин;
  - б) природні екосистеми;
  - в) агросистеми;
  - г) лісові екосистеми.

### **Частина 6 (35 балів)**

#### ***Творчий рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою точку зору на викладене нижче.*

6. Висловіть свою точку зору щодо вислову «мінімізація негативного впливу людської діяльності» \_\_\_\_\_ (8 б.)
7. Чи є «екологічний менеджмент» частиною екологічного управління? \_\_\_\_\_ (6 б.)
8. Що відбудеться, якщо не буде існувати метрологічне забезпечення вимірів при екологічних дослідженнях? \_\_\_\_\_ (5 б.)

9. Що станеться, якщо при забудові промислової зони не враховувати «ефект сумації» речовин, які надходитимуть до атмосфери під час роботи підприємств \_\_\_\_\_ (10 б.)
10. Якщо не здійснювати локальний моніторинг, \_\_\_\_\_ (6 б.)

**Модуль 6. ЗБАЛАНСОВАНЕ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ – БЕЗАЛЬТЕРНАТИВНИЙ  
ПІДХІД ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ІСНУВАННЯ  
(ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗБАЛАНСОВАНОГО  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ)**

Програмні матеріали до модуля 6

**НОРМАТИВНІ НАВЧАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ  
ДО МОДУЛЯ 6**

**Основні**

1. Природокористування.
2. Природна система.
3. Об'єкт і предмет природокористування.
4. Оптимізація.
5. Оптимальне (раціональне) природокористування.
6. Раціональне (оптимальне) використання природних ресурсів.
7. Нераціональне (неоптимальне) природокористування.
8. Принципи природокористування.
9. Збалансоване природокористування.
10. Ефективність охорони довкілля.
11. Екологічні обмеження.
12. Збалансований розвиток.
13. Природно-ресурсний потенціал.
14. Еколого-економічний потенціал: глобальний, регіональний.
15. Інтегральний ресурс.
16. Природний фактор.
17. Природні ресурси: національні, багатонаціональні, міжнародні.
18. Природні об'єкти.
19. Сонячна енергія.
20. Енергія вітру.
21. Космічна енергія.
22. Енергія морських припливів і відпливів, океанічних течій.
23. Геотермальна енергія.
24. Гравітаційна енергія та енергія тиску.
25. Біоенергія.

26. Вторинні форми енергії.
27. Депоновані енергетичні ресурси.
28. Атомна енергія.
29. Іонізація повітря.
30. Закони природокористування.
31. Самоврядування природних систем.
32. Екологічно доцільна рівновага.
33. Принципи штучного управління природними комплексами.
34. Принцип адекватності.
35. «М'яка» форма управління.
36. «Жорстка» форма управління.
37. Сталий розвиток.
38. Сучасний тип еколого-економічного розвитку.
39. Екологізація попиту виробництва людей і відтворення мотивів екологізації.
40. Екологічні товари.
41. Екодеструктивні процеси.
42. Інтегральний екодеструктивний вплив.
43. «Атрибути» екологізації суспільного виробництва.
44. Ресурсозберігання.
45. Суспільство одноразового споживання.
46. Природозберігаюче суспільство.
47. Управління процесами екологізації.
48. Екологічний аналіз життєвого циклу продукції.
49. Міжнародні стандарти екологічного менеджменту та аудиту.
50. Система екологічного управління.

#### **Додаткові**

1. Оптимізація навколишнього середовища: територіально-екологічна, господарська, економічна, еколого-господарська.
2. Екологічна політика.
3. Екологічний потенціал.
4. Форми власності на об'єкти природно-ресурсного потенціалу: загально-природна, державна, колективна, індивідуальна.
5. Природні ресурси: невичерпані, вичерпані, відновлювані, не відновлювані.
6. Атмосферна електрика.



7. Земний магнетизм.
8. Енергія спонтанних хімічних реакцій і природного атомного розпаду.
9. Комплексне використання мінеральної сировини.
10. Ботанічні забруднення.
11. Консументи забруднювачі.
12. Мікробіологічні забруднення.
13. Комплексна ресурсна група: кліматичні, рекреаційні, антропоєкологічні, пізнавально-інформаційні, природно-заповідний фонд, пам'ятки культури, ресурси простору та часу.
14. Епоха ноосфери.
15. Римський клуб.
16. Концепція екотопії (зеленого екстремізму).
17. Екотехнології та екопослуги.
18. «Зелене» вимірювання екологічних витрат.
19. Екологічний аудит.

## **ЗНАННЯ, УМІННЯ, НАВИЧКИ ЗА МАТЕРІАЛАМИ МОДУЛЯ 6**

### **• Знання, якими повинен володіти студент у результаті засвоєння навчальних матеріалів модуля 6**

1. Закони природокористування.
2. Сутність самоврядування природних систем.
3. Принципи штучного управління природокористуванням.
4. Концепцію сталого розвитку і глобального природокористування.
5. Екологічний аспект сталого розвитку.
6. Найважливіші критерії сталого розвитку.
7. Основне завдання сталого розвитку України.
8. Основні шляхи і «атрибути» екологізації суспільного виробництва.
9. Функції довкілля.
10. Механізми реалізації завдань екологізації.

- **Уміння, які мають сформуватися у студента**  
**1.1.1 в процесі вивчення модуля 6**

9. Визначати ситуацію, де необхідно використати «м'яку» або «жорстку» форму управління природокористуванням.
10. Проводити систематичну еколого-виховну роботу серед населення, особливо серед молоді.
11. Визначати зворотні зв'язки між екологічною деградацією і економічним розвитком, станом трудових ресурсів, якістю життя населення.
12. Теоретично визначати необхідність прийняття превентивних рішень або вживання заходів до прямої дії щодо еколого-економічної політики держави.
13. Розрізняти різні моделі суспільства: одноразового споживання і природозберігаючу.
14. Втілювати ідеї переорієнтації виробництва на продуктивність ресурсів.
15. Використовувати міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту.

- **Навички, які повинні бути сформовані в процесі**  
**вивчення модуля 6**

1. Здійснювати екологізацію людей і відтворення мотивів екологізації.
2. Застосувати закони природокористування у практичній діяльності.
3. За статистичними і довідковими матеріалами оцінювати питоме споживання природних ресурсів у різних галузях людської діяльності, у різних регіонах.
4. Надавати оцінку штучного управління природокористуванням.

**Література до модуля 6**

**Основна**

1. Багрова Л. А. Эколого-экономические и социально-правовые проблемы энергетики: учебн. пособ. / Л. А. Багрова. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2004. – 212 с.
2. Буркинський Б. В. Природопользование: основы экономики–экологической теории / Б. В. Буркинський, В. Н. Степанов, С. К. Харичков. – Одеса : ИПРЭЭИ НАН Украины, 1999. – 350 с.

3. Вайцзеккер Э. Фактор четыре. Затрат – половина, отдача – двойная. Новый доклад Римскому клубу / Э. Вайцзеккер, Э. Ловинс, Л. Ловинс. – М. : Academia, 2000. – 400 с.
4. Гавриленко О. П. Геоecологічне обґрунтування проєктів природокористування: навч. посібн. / О. П. Гавриленко. – К. : Ніка-Центр, 2003. – 332 с.
5. Гирусов Э. В. Экология и экономика природопользования / Э. В. Гирусов, С. Н. Бобылев, А. Л. Новоселов, Н. В. Чепурных; под ред. Э. В. Гирусова. – М. : Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
6. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / [Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. та ін.]. – К. : РАПС України, 1999. – 716 с.
7. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : Гл. Ред. МСЭ, 1989. – 408 с.
8. Екологічна енциклопедія / ред. А. В. Толстоухов та ін. – К. : ТОВ „Центр екологічної освіти та інформації”. – 2006. – Т. 1: А-Е. – 432 с.
9. Екологічне підприємництво: навч. посіб. / [Шевчук В. Я., Саталкін Ю. М., Навроцький В. М. та ін.]. – К. : Мета, 2001. – 197 с.
10. Мазинов А. С. Ветро- и солнечные энергетические энергоустановки: учебн. пособ. / А. С. Мазинов, Е. В. Лисовец, Д. Р. Яковлев. – Сімферополь : Таврия-Плюс, 2004. – 104 с.
11. Мельник Л. Г. Екологічна економіка: підруч. / Л. Г. Мельник. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2002. – 346 с.
12. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підруч. / За заг. ред. д. е. н., проф. А. Г. Мельника та ін. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2005. – 759 с.
13. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування : навч. посібн. [для студентів ВНЗ]. / Т. А. Сафранов – Львів : «Новий світ-2000», 2003. – 248 с.
14. Социально-экономический потенциал устойчивого развития : учеб. / Под ред. Л. Г. Мельника и Л. Хенса. – Суми : Университетская книга, 2007. – 1120 с.
15. Сухарев С. М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навч. посіб. для студентів ВНЗ / С. М. Сухарев,

С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. – Львів : Новий світ – 2000, 2004. – 256 с.

16. Туниця Т. Ю. Збалансоване природокористування: національний і міжнародний контекст / Т. Ю. Туниця. – К. : Знання, 2006. – 300 с.

#### **Додаткова**

1. Боголюбов В. М. Екологія з основами збалансованого природокористування: навч.-метод. посіб. / В. М. Боголюбов, Л. І. Соломинко, О. Г. Передместніков, Ю. В. Пилипенко. – Херсон : Айлант, 2009. – 216 с.
2. Вронский В. А. Прикладная экология / В. А. Вронский. – Ростов на Дону : Феникс, 1996. – 512 с.
3. Ємельянов А. Г. Ландшафтно-екологічні основи природокористування / А. Г. Ємельянов. – Тверь, 1992. – 91 с.
4. Конструктивно-географические основы рационального природопользования в Украинской ССР. Киевское Приднепровье. – К. : Наук. думка, 1988. – 176 с.
5. Куражковский Ю. Н. Очерки природопользования / Ю. Н. Куражковский. – М. : Мысль, 1969. – 268 с.
6. Медоуз Д. Х. За пределами роста : учеб. пособ. / Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, Й. Рандерс. – М. : Прогресс-Панагея, 1994. – 304 с.
7. Миллер Т. Жизнь в окружающей среде / Т. Миллер; пер. с англ. – Т. 1. – М. : Прогресс-Панагея, 1993. – 256 с.
8. Небел Б. Наука об окружающей среде / Б. Небел; пер. с англ. – В 2-х томах. – М. : Мир, 1993.
9. Окружающая среда. – М. : Прогресс-Панагея, 1993. – 635 с.
10. Охрана ландшафтов: толковый словарь. – М. : Прогресс, 1982. – 271 с.
11. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 639 с.
12. Реймерс Н. Ф. Экология: теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – М. : Россия молодая, 1994. – 367 с.
13. Сахаєв В. Г. Економіка і організація охорони навколишнього середовища / В. Г. Сахаєв, В. Я. Шевчук. – К. : Вища шк., 1995. – 272 с.

14. Техноекологія: навч. посібн. / [Удод В. М., Трофимович В. В., Волошкіна О. С. та ін.] – К. : Київськ нац. ун-т буд-ва і архітектури, 2004. – 191 с.
15. Скиннер Б. Хватит ли человечеству ресурсов? / Б. Скиннер. – М. : Мир, 1989. – 264 с.
16. Черванев И. Г. Введение в инвайронментальную энергетику. Энергетика для устойчивого развития: учеб. пособ. / И. Г. Черванев, В. А. Боков. – Х., 2004. – 126 с.
17. Швебс Г. И. Природопользование : теоретические основы и методы управления / Г. И. Швебс // Физ. геогр. и геоморф., 1988. – Вып. 35. – С. 3-9.
18. Экономика природопользования / Под ред. Т. С. Хачатурова. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 271 с.
19. Эндрэс А. Экономика окружающей среды / Эндрэс А. – К. : Либідь, 1995. – 168 с.

## Навчальні матеріали до модуля 6

### 6.1 ОСНОВНІ ВИБІРКОВІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ

Збереження людської цивілізації залежить від наших знань про природу і дії, спрямовані на збереження і поліпшення довкілля шляхом розумного втручання, а не руйнування його в процесі нерационального використання. Проблеми природокористування розглядаються з екологічних, економічних, технічних, географічних, біологічних, законодавчо-правових та інших аспектів. Особливо важливе значення має екологічне обґрунтування раціонального використання природних ресурсів і природних умов, яке повинно базуватись на уявленнях як традиційної (класичної, геккелівської), так і сучасної екології (неоекології).

Однією з основних причин екологічної ситуації, що склалася на сьогодні, є незбалансованість економіки і екології в різних країнах. Прагнення в найкоротші терміни вирішити економічні проблеми, питання забезпечення різних видів господарства і населення енергетичними і сировинними ресурсами сприяло тому, що проводилося природокористуванням без урахування можливих негативних наслідків втручання в природні середовища. Економіка колишнього СРСР, як правило, ігнорувала необхідність системи збалансованого природокористування. Промислові об'єкти в багатьох регіонах розміщені без урахування екологічного навантаження. Свідомо або помилково занижувалася передбачувана екологічна шкода, заподіяна природним системам. Ситуація ускладнилася і продовжує ускладнюватись через відсутність належного зростання технічного рівня й екологічно безпечних сучасних технологій, достатніх капіталовкладень, низьку екологічну свідомість людей. Внаслідок цього багато господарських об'єктів і оточуюче їх природне середовище перебувають у критичному стані. Незважаючи на спад економічної діяльності в багатьох регіонах, масштаби техногенного впливу на природні середовища лишаються вельми значними. Поки ще немає підстав говорити про екологічну кризу, але вже відзначається аж надто небезпечна екологічна ситуація в багатьох регіонах.

Сучасну екологічну ситуацію в Україні можна характеризувати як кризову, яка формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості. Економіці України притаманна висока питома вага ресурсоємних та енергоємних технологій, впровадження та наросування яких здійснювалося найбільш “дешевим” способом – без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування і без урахування вимог охорони довкілля. Ці та інші чинники, зокрема низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних відходів виробництва. Такі процеси призвели до різкого погіршення стану здоров'я людей, зменшення народжуваності та збільшення смертності, а це загрожує вимиранням і біологічно-генетичною деградацією народу України.

У зв'язку з цим велике значення мають «Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» (затверджено Постановою Верховної Ради України від

**Природокористування – це сукупність впливів людства на географічну оболонку Землі, що розглядається в комплексі (на відміну від галузевих понять водокористування, землекористування, лісокористування та ін.).**

5 березня 1998 року № 188/98-ВР), розроблені відповідно до статті 16 Конституції України, якою визначено, що забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської ката-

строфи, збереження генофонду українського народу є обов'язком держави. До пріоритетних напрямів належить також формування збалансованої системи природокористування та екологізації технологій.

Існують і інші визначення *природокористування*: 1) сукупність продуктивних сил, виробничих відносин і відповідних організаційно-економічних форм і установ, пов'язаних з первинним привласненням, використанням і відтворюванням людиною об'єктів оточуючого природного середовища для задоволення її потреб; 2) використання природних ресурсів у процесі суспільного виробництва з метою задоволення матеріальних і культурних потреб суспільства; 3) сукупність усіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу; 4) комплексна наукова дисципліна, що досліджує загальні принципи раціонального (для даного історичного моменту) використання природних ресурсів людським суспільством.

За визначенням Вронського В. А. (1996), теорія і практика раціонального використання людиною природних ресурсів або сфера суспільно-виробничої діяльності направлена на задоволення потреб людства в якості і різноманітності довкілля, на поліпшення використання природних ресурсів біосфери. Туниця Т. Ю. (2006) пише, що природокористування – це широкий спектр проблем, який охоплює всі сфери виробничої діяльності та інститути, пов'язані не лише з використанням ресурсної частини природного життя довкілля, але й нересурсної частини екологічного потенціалу.

У формулюванні автора терміна «природокористування» Куражковського Ю. Н. (1969) «задачі природокористування як науки зводяться до розробки загальних принципів здійснення всякої діяльності, що пов'язана або з безпосереднім користуванням природою і її ресурсами, або зі змінюючими її впливами». Кінцевою метою цієї розробки є забезпечення єдиного підходу до природи як до загальної основи праці.

У природокористуванні основним об'єктом досліджень є природна система, яка часто розглядається як синонім термінів «екосистема», «геосистема», «ландшафт» і т. ін. За визначенням Реймерса М. Ф. (1994), екосистема – просторова обмежена



взаємодія живих організмів і навколишнього середовища. Обмеження можуть бути фізико-хімічними (межа краплі води, ставка, озеро, острова, біосфери загалом) або пов'язаними з кругообігом речовин, інтенсивність якого всередині екосистеми вища, ніж між нею і зовнішнім світом. У останньому випадку межі екосистеми розмиті, є більш або менш широка перехідна смуга (екотон).

**Природна система** – система, що складається із природних структур і утворень (підсистем), що групуються в функціональні компоненти на вищих рівнях ієрархічної організації (біогеоценоз, біом, біосфера тощо).

Володіючи великою кількістю схожих елементів і зв'язків, екосистема і природна система відрізняються спрямованістю внутрішньосистемних зв'язків. Для моделі екосистеми характерна спрямованість зв'язків з боку факторів «середовища» (об'єкт), насамперед на головний об'єкт – «господаря» (суб'єкт), а для моделі природної системи типове визнання рівності всіх зв'язків. З позицій природокористування зацікавити можуть як біотичні, так і абіотичні компоненти природної системи, але оптимізація природокористування передбачає збереження сприятливих умов для існування і розвитку живих організмів і, передусім, людської популяції.

Природокористування як наукова дисципліна включає компоненти природних, соціально-економічних і технічних наук і в організаційному відношенні може вважатися таким же самостійним розділом знання, як біологія, географія, економіка, екологія тощо. Найчастіше природокористування розглядається у зв'язку з розв'язанням екологічних проблем і питань охорони навколишнього середовища. Природокористування найтісніше пов'язано з *енвайронментологією* (дисципліною, яка вивчає оточуюче людину середовище, його якість і охорону), *енвайронменталістикою* (технічним додатком енвайронментології,

включаючи очищення викидів в атмосферу, стічних вод, утилізацію відходів тощо), *ресурсознавством* (вченням про інтеграль-

**Об'єктом природокористування як науки служить комплекс взаємовідносин між природними ресурсами, природними умовами життя суспільства і його соціально-економічним розвитком.**

**Предметом природокористування можна вважати оптимізацію цих відносин, прагнення до збереження і відтворювання середовища життя.**

ний ресурс і його складові – природні, матеріальні і трудові), *екологією* (наукою про гармонізацію економіки й екології). Оскільки основним теоретичним базисом були і продовжують залишатися географія і екологія, то природокористування поки що слід відносити до природничих наук (Реймерс М. Ф., 1990), хоч навряд чи без урахування власне соціально-економічних аспектів можна розглядати природокористування як цілісну науку.

Розрізняють *оптимізацію* навколишнього середовища, оптимізацію територіально-екологічну, господарську оптимізацію, економічну оптимізацію, еколого-господарську оптимізацію тощо (Ендрес А., 1995). Щодо природокористування, під оптимізацією потрібно розуміти найкращий з можливих варіантів розв'язання задач природокористування, тобто оптимальне природокористування є тотожним поняттю раціонального природокористування.

В основу оптимального природокористування необхідно покласти наступні **принципи**:

- *поєднання* соціальних, екологічних і економічних критеріїв природокористування;
- *превентивна*, а не виправляюча система заходів;
- *комплексний аналіз* наукових рекомендацій;
- *урахування реалій*, що склалися, тобто аналіз всіх можливих наслідків ліквідації екологічно небезпечного об'єкта;

- *економічну вигоду* природоохоронних заходів;
- *узгодженість* природоохоронних заходів між суміжними регіонами (країнами).

Під *оптимізацією* (від лат. *optimum* – найкраще) мається на увазі: 1) отримання максимуму можливого при мінімумі зусиль (витрат), звичайно у відносно коротких інтервалах часу (оптимізація економічна); 2) прагнення до стану, найбільш близького до динамічної рівноваги (квазі-стаціонарного стану); 3) отримання співвідношення, найбільш бажаного в господарському значенні; 4) прихід до стану, найбільш бажаного з точки зору людини для зберегання його здоров'я.

*Оптимальне (раціональне) природокористування* – система діяльності із забезпечення економної експлуатації природних ресурсів і умов та найбільш ефективний режим їх відтворення з урахуванням перспективних інтересів господарства, що розвивається, і збереження здоров'я людей.

*Раціональне (оптимальне) використання природних ресурсів* – досягнення максимальної ефективності використання природних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки і технології і одночасне зниження техногенного впливу на навколишнє середовище. (Сахаєв В. Г., Шевчук В. Я., 1995)

Оптимізація природокористування повинна сприяти збереженню основних характеристик природних систем при досить високій соціально-економічній ефективності їх використання.

Під *системою збалансованого природокористування* треба розуміти єдність принаймні 4-х обов'язкових її складових:

- раціональне комплексне використання для потреб людини природних ресурсів на кожній окремо взятій території, що

***Нераціональне (неоптимальне) природокористування*** – це система діяльності, що не забезпечує збереження природно-ресурсного потенціалу, яка веде до вичерпання природних ресурсів, підриву відновлювальних можливостей природних середовищ, зниження оздоровчих і естетичних якостей природного середовища.

***Збалансоване природокористування*** – трисидний процес використання, охорони і відтворення двосидних компонентів матеріальної основи життєдіяльності людини – природного життєвого довкілля та його сировинної частини – природних ресурсів. Збалансоване природокористування слід розглядати на локальному, регіональному (в межах країни), національному, міждержавному і глобальному рівнях. (Туниця Т. Ю., 2006)

здійснюється на базі маловідходних чи безвідходних технологій і в таких масштабах, які не створюють загроз для життєдіяльності територіальних (акваторіальних) екосистем та їх безпечного розвитку;

- раціональне, екологічно небезпечне використання в різноманітних інтересах людини нересурсної частини природного життєвого довкілля (територій, акваторій, повітряного басейну,

навколоземного космічного простору та безпосередньої сонячної енергії);

- раціональна, економічна та соціально обґрунтована охорона природи, яка полягає у пріоритетному здійсненні превентивних заходів з охорони природного життєвого довкілля та природних ресурсів, а також обов'язковому здійсненні заходів щодо ліквідації постфактум негативних екологічних наслідків діяльності людини та природних катастроф;
- своєчасне повноцінне відтворення якості умов природного життєвого довкілля та відтворення біологічно відновних природних ресурсів і пошук шляхів альтернативних джерел заміни використання біологічно невідновних ресурсів.

Безпосереднє відношення до проблеми збалансованого природокористування має поняття «гармонізація». За Шевчуком В. Я. та ін. (2004), згідно з дослівним древньогрецьким тлумаченням, поняття «гармонос» означає злагодженість, стрункість, зв'язок, тобто внутрішню і зовнішню впорядкованість, узгодженість, цілісність явищ та процесів. Гармонія передбачає таку узгодженість, яка відповідає законам доцільності оптимальності та краси, являючи собою їх органічну єдність. Таким чином, поняття *гармонізація* слід розуміти як певне облаштування впорядкування, тобто активність, що спрямована на подолання розладу і досягнення узгодженості, скріплення розірваного. Гармонізація супроводжується *екологічними обмеженнями*.

**Екологічні обмеження** – встановлюються такими, щоб обмеження суспільної діяльності були здатні забезпечити динамічну рівновагу процесів загального споживання і відновлення природних ресурсів, без чого неможливий подальший прогрес у розвитку цивілізації.

Гармонізація – це управлінський процес. Наведене вище дає згаданим авторам можливість дати визначення *збалансованого розвитку*.

Досягнути ефективності управління якістю довкілля можна тільки шляхом проведення розумної *екологічної політики*.

*Екологічна політика* – система заходів, спрямована на забезпечення якості навколишнього середовища, відтворення природних ресурсів і створення належних екологічних умов для життя населення.

За характером (масштабом) здійснення екологічна політика може бути глобальною, державною і локальною, а за способами здійснення – адміністративна і за допомогою економічних (ринкових) методів регулювання (Ендрес А., 1995).

**Збалансований розвиток є процесом гармонізації життєдіяльності, забезпечення задоволення необхідних потреб усіх членів суспільства за умови збереження й поетапного відновлення цілісності природного середовища, створення можливостей для рівноваги між його потенціалом і вимогами людей усіх поколінь.**  
(Шевчук В. Я., 2004)

**Ефективність охорони довкілля – максимальна результативність від проведення комплексу заходів із забезпечення якості довкілля і раціонального використання природних ресурсів.**

При розгляді проблем природокористування мимоволі доводиться протиставляти економічні спрямування людей і цілі охорони природи. Якщо кожний вид входить до певної екосистеми або їх сукупності, «вписаний» в них, еволюціонує разом з ними і обмежений місткістю середовища саме цих утворень, а також внутрішніми для виду факторами, що залежать від густини його населення, то людство глобально вписане в екосистему суші і використовує водні ресурси. Завдяки розумній діяльності людство являє собою необмежено зростаючу систему, яка згідно з другим законом термодинаміки може розвиватися за рахунок деструкції довкілля. Чим інтенсивніше і швидше споживання невідновлювальних ресурсів

і більше частка вилучення відновлювальних ресурсів, тим значніше порушення довкілля. Екологічно люди виступають в ролі безрозсудних паразитів, які руйнують середовища життя; кожна окрема людина прагне зберегти середовище мешкання, а разом вони діють винищувально і руйнівню (Реймерс М. Ф., 1994).

При оптимізації природокористування правильніше вести мову не про використання природних ресурсів, а про використання їх певної частини, тобто про *природно-ресурсний потенціал*.

***Під природно-ресурсним потенціалом мається на увазі одне з таких понять:***

- здатність природних систем без шкоди для себе (а, отже, і для людей) віддавати необхідну для людства продукцію або виконувати корисну роботу в рамках господарства даного історичного типу; в більш вузькому економічному розумінні – доступна при даних технологіях і соціально-економічних відносинах сукупність природних ресурсів;
- система природних ресурсів, умов, явищ і процесів, яка, з одного боку, є територіальною і ресурсною базою життєдіяльності суспільства, а з іншого – протистоїть йому як об'єкт антропогенного впливу;
- теоретично гранична кількість природних ресурсів, яка може бути використана людством в умовах кінцевого цілого планети і її найближчого оточення.

**(Реймерс М. Ф., 1990)**

Із зазначених вище визначень природно-ресурсного потенціалу з позицій оптимізації природокористування найбільш

об'єктивним є перше, яке відображає частину природних ресурсів Землі і найближчого космосу, яка може бути реально залучена до господарської діяльності при даних технічних і соціально-економічних можливостях суспільства за умови збереження середовища життя людства. Це визначення природно-ресурсного потенціалу є синонімом *екологічного потенціалу*. Економічно оцінений природно-ресурсний потенціал входить до складу національного багатства тієї або іншої країни.

Близьким за значенням є *еколого-економічний потенціал*.

Під *глобальним еколого-економічним потенціалом* мається на увазі максимально припустиме антропогенне навантаження

***Еколого-економічний потенціал – теоретично доступні для використання ресурси і властивості природних систем всієї планети і її регіонів. При цьому акцент наголошується на їх функціонуванні і збереженні.***

на всю самоорганізовану сукупність природних систем, що не призводить до безповоротного руйнування структури цієї сукупності, до значних збоїв у вияві системних законів (правил, принципів) і різкого погіршення динамічних якостей систем. Індикатором різкого переходу за межі експлуатаційних можливостей природних систем слугують різні форми їх деградації (наприклад, спустошування).

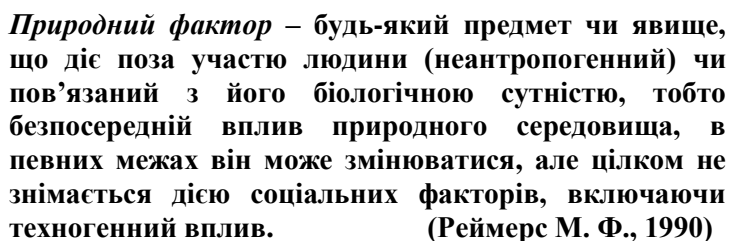
Під *регіональним еколого-економічним потенціалом* розуміється антропогенне навантаження на територію, яке ще не веде до збільшення негативного зворотного впливу природних систем, що порушуються, на господарський розвиток (Реймерс М. Ф., 1990).

***Інтегральний ресурс – системна сукупність усіх конкретних природних ресурсів як факторів життя суспільства в поєднанні з матеріальними і трудовими ресурсами.***



Розподіл природних ресурсів за ознакою використання вельми умовний, оскільки один і той же ресурс може використовуватися в різних цілях або мати велику естетичну цінність (наприклад, вода). При цьому часто діє *правило інтегрального ресурсу*, згідно з яким використання ресурсу з однією метою ускладнює або виключає його використання з іншою (якщо у водний об'єкт скидаються стічні води – це ускладнює використання його з метою рибництва і рекреації). Якісні або кількісні зміни однієї зі складових інтегрального ресурсу неминуче ведуть до більш або менш помітних змін у кількості або якості інших ресурсів; зниження водності змінює гідроенергетичні та інші показники території, умови створення і збереження матеріальних ресурсів та відтворювання трудових ресурсів. Однак ці проблеми розглядаються в рамках ресурсознавства. Основна увага в природокористуванні приділяється природним факторам (природним ресурсам і умовам).

**Загальні уявлення про природні фактори** викладені в першій частині підручника. Тут їх доповнимо та розширимо завдяки іншим поглядам.



**Природний фактор** – будь-який предмет чи явище, що діє поза участю людини (неантропогенний) чи пов'язаний з його біологічною сутністю, тобто безпосередній вплив природного середовища, в певних межах він може змінюватися, але цілком не знімається дією соціальних факторів, включаючи техногенний вплив. (Реймерс М. Ф., 1990)

До 1980-х років традиційним підходом до класифікації природних факторів був їх розподіл на *природні ресурси та природні умови*.

Природне середовище в сукупності з соціальним середовищем складає навколишнє середовище людини (Мельник Л. Г., 2002).

Під природними ресурсами традиційно розуміють тіла і сили природи, що на даному рівні розвитку продуктивних сил можуть бути використані в соціально-економічній діяльності людей. Поняття «природні ресурси» охоплює досить широке коло об'єктів.

У більшості випадків у якості природних ресурсів розглядають природні тіла, які можуть бути використані для задоволення потреб людей (Мельник Л. Г., 2002).

З економічних позицій природні умови – тіла і сили природи, необхідні для отримання кінцевого продукту прямого або опосередкованого споживання, але які безпосередньо не входять до його складу. Якщо ж виходити з того, що початкові блага завжди обмежені за обсягом і є основою суспільного виробництва, яке докладає зусиль для їх освоєння, кордон між природними ресурсами і природними умовами стирається, а «антиресурси», що ускладнюють господарювання, також виявляються серед природних ресурсів, але зі знаком мінус (Реймерс М. Ф., 1990). Під природними умовами розуміють тіла

***Природні ресурси*** – природні об'єкти і явища, що використовуються в теперішньому часі, минулому і майбутньому для прямого або посереднього споживання, сприяють створенню матеріальних багатств, відтворенню трудових ресурсів, підтримці умов існування людства і підвищенню якості життя.  
(Реймерс М. Ф., 1990)

***Природні умови*** – сукупність живих організмів, тіл і явищ природи, існуючих поза діяльністю людей (хоча в ряді випадків і перетворених ними), які впливають на інші живі організми, тіла і явища, що розглядаються як центральні в тій системі існуючих відносин, яка вивчається.

і сили природи, які мають істотне значення для життя і діяльності людського суспільства, однак безпосередньо або побічно не залучені до сфери виробничої чи невиробничої діяльності людей (Мельник Л. Г., 2002).

Гофман К. Г. (1977) основним критерієм віднесення природних факторів до природних ресурсів вважав змінюваність після

використання у продуктивній діяльності людини; відповідно, з кола природних ресурсів виключалися такі природні блага, як сонячна радіація, енергія вітру, морських течій тощо.

Фактор «змінюваності» можна вважати дуже важливим моментом у формуванні економічного інструменту природо-користування. Основна особливість розвитку продуктивних сил на сучасному етапі – поступове стирання межі між природними ресурсами та природними умовами.

По-перше, зростають масштаби традиційного використання природних факторів як ресурсів, у результаті чого фактор, який раніше належав до природних умов, перетворюється в природний ресурс.

По-друге, значно зростає кількість функцій, які може виконувати той самий ПФ як природний ресурс (Мельник Л. Г., 2002).

Реймерс М. Ф. (1994) виходить з концепції «інтегрального ресурсу», що розглядається як системне утворення, яке експлуатується різними господарськими галузями і підтримує життя на Землі. Групи ресурсів (енергетичні, газово-атмосферні, водні, ґрунтово-геологічні, біологічні, кліматичні, рекреаційні, антропо-екологічні, інформаційні, простору і часу) і види ресурсів (більше 76 компонентів), утворюють інтегральні і комплексні сукупності.

Оскільки практично всі елементи природи так чи інакше використовуються чи можуть бути використані людиною (потенційні природні ресурси), Мельник Л. Г. (2002) вважає, що більш вірно розглядати природні фактори за їх відношенням до виконуваних функцій: якщо природні фактори розглядаються при їх використанні у суспільному виробництві, доцільно застосовувати термін *природні ресурси*; якщо природні фактори виконують екологічні, фізіологічні і соціальні функції – термін *природні умови*.

Крім *національних природних ресурсів*, які повністю знаходяться під суверенітетом тієї чи іншої країни, існують *багато-національні* природні ресурси, тобто ресурси прикордонних рік, мігруючих тварин і птахів, внутрішніх морів і озер, на берегах яких проживають народи різних країн. Існують і *міжнародні* природні ресурси, що є загальним надбанням (ресурси Світового океану за межами територіальних вод, атмосферного повітря,

Антарктиди і Космосу); тобто природоохоронні проблеми не знають національних кордонів.

Нова система владно-господарських відносин у сфері природокористування повинна передбачити поєднання форм власності на об'єкти природно-ресурсного потенціалу:

- *загальнонародної* – на стратегічні природні об'єкти національного значення;
- *державної* – на об'єкти природних ресурсів, що мають державне значення і масове поширення на всій території України;
- *колективної* (в т.ч. регіональної, територіальної і комунальної) на природні об'єкти і ресурси, що передаються у власність колективам для організації їх використання, відтворення і охорони у відносно обмежених масштабах за законами ринкових відносин;
- *індивідуальної* (в т.ч. приватної) – на окремі природні об'єкти місцевого значення.

Буркинський Б. В. та ін. (1999) виділяють такі *природні об'єкти*:

- водні об'єкти;
- об'єкти корисних мінерально-сировинних копалин;
- об'єкти геологічного середовища;
- об'єкти земельних ресурсів;
- об'єкти лісових ресурсів;
- об'єкти біологічних ресурсів.

Крім того, виділяються основні структурні складові і елементи природних об'єктів.

Єдиної класифікації природних ресурсів немає. Зазвичай природні ресурси поділяються на:

- *невичерпні* (сонячна енергія, вітер, вода, приплив);
- *вичерпні*, які в свою чергу поділяються на:
  - *відновлювані* (чисте повітря, прісна вода, родючий ґрунт, рослини і тварини);
  - *не відновлювані* (викопне паливо, металева і неметалева сировина) ресурси.

Найбільш повною є класифікація Реймерса М. Ф. (1990, 1994). Згідно з цією класифікацією природні ресурси диференціюються за такими ознаками:

- ❖ *за джерелом і місцеположенням;*
- ❖ *за швидкістю вичерпання:* швидковичерпні і повільновичерпні;
- ❖ *за можливістю самопоновлювання і культивування:* поновлювані і непоновлювані, тобто здатні або нездатні до самопоновлювання за строки, порівняні з термінами їх споживання (рослинність, вода в річці, ґрунтові води – поновлювані природні ресурси, а мінерали, гірські породи, горючі корисні викопні – непоновлювані);
- ❖ *за темпами економічного заповнення* – за рахунок пошуку нових джерел або нових технологій, тобто які можуть або не можуть бути відшкодовані для економічних потреб: поправні або відшкодовані і непоправні або невідшкодовані (дефіцит вуглеводневої сировини, заліза і марганцю на суші можна компенсувати освоєнням залізо-марганцевих конкрецій на дні океанів);
- ❖ *за можливістю заміни одних ресурсів іншими:* замінні (метали – керамікою, пластмасою) і незамінні (оптимальний для дихання склад атмосферного повітря).

За джерелом і місцеположенням виділяється наступний ряд природних ресурсів (Реймерс М. Ф., 1990):

- енергетичні ресурси;
- атмосферні газові ресурси;
- водні ресурси;
- ресурси літосфери;
- ресурси рослин-продуцентів;
- ресурси консументів;
- ресурси редуцентів;
- кліматичні ресурси;
- рекреаційно-антропоекологічні ресурси;
- пізнавально-інформаційні ресурси;
- ресурси простору і часу.

Нижче наводиться коротка характеристика їх стану, запасів, ступеня і перспектив використання (Реймерс М. Ф., 1994), з деякими змінами і доповненнями.

## 6.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

## І МОЖЛИВОСТЕЙ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Серед різних факторів, що обмежують розвиток індустріалізованого суспільства, на першому місці стоять *ресурси і запаси енергії*. Розпізнають практично невичерпні в масштабі планети і вичерпні джерела енергії. До перших належать сонячна енергія, вітрова енергія, припливно-відпливна, хвильова, геотермальна, використання яких у значних масштабах поки що складне. До других – ресурси «одного врожаю»: різні види викопного палива і мінеральних неорганічних утворень (за типом уранових руд), які формуються в надрах мільйони років.

**Енергетичні ресурси.** Нижче наведена характеристика енергетичних ресурсів, що беруть участь у постійному кругообігу і потоці енергії (*група А*).

*Сонячна енергія.* Практично невичерпний енергоресурс (в 13 тис. раз більше сучасного рівня використання енергії людством), слабо використовується. Вельми перспективна як енергетичний ресурс в рамках природного надходження, але мало концентрована. Використовується обмежено природним стоком енергії з біосфери. За прямим використанням геліоенергетики на душу населення перше місце займає Кіпр, де 90 % котеджів і велике число готелів і будинків мають сонячні водонагрівачі. У Ізраїлі 65 %, а в США тільки 0,5 % гарячого водопостачання за рахунок геліоенергетики.

За допомогою фотоелектричних перетворювачів сонячне випромінювання перетворюється на електричний струм. За вартістю електрична енергія, що виробляється таким чином, дешевша за енергію АЕС і може конкурувати з ТЕС. У Каліфорнії вже побудована сонячна електростанція, що забезпечує електроенергією близько 2,5 тис. жителів будинків (дзеркала на площі декілька га фокусують сонячне світло на котлі, який знаходиться на вершині вежі; висока температура перетворює воду на пару, що приводить в рух турбогенератор). Перспективні сонячні ставки, тобто штучні водоймища, що заливаються розсолем, над яким знаходиться прісна вода. Сонячні промені проходять крізь прісну воду і поглинаються більш густим

розсоллом, перетворюючись при цьому на тепло, а гарячий розсіл використовується для обігрівання приміщень (Небел Б., 1993).

Причина вітру – нерівномірне нагрівання атмосфери сонячними променями. Вітер є відновлювальним джерелом енергії. При досить високій швидкості і стійкому режимі вітрів вважається перспективним використання як малих вітроенергетичних приладів, так і вітроелектростанцій великої потужності. Чим більша лопать, тим більша потужність вітроенергетичних приладів, але тим більше ризик поломки (розмах лопаті може сягати більше за 100 м), тому більш ефективним є використання невеликих за розмірами вітроенергетичних приладів з розмахом лопатей до 17 м і потужністю 100 кВт. Від 50 до декількох тисяч таких приладів утворюють вітростанцію (наприклад, на сході від Сан-Франциско). При цьому вартість 1 Вт складає близько 1 долара. Найбільш поширені (декілька сот тисяч) вітроенергетичні прилади потужністю до 15 кВт, хоч є розробки приладів до 3-4 тис. кВт. Вітроенергетичні прилади працюють сьогодні більше, ніж у 100 країнах світу. Перехід до сонячно-вітрової енергетики вже розпочався, як видно із тенденцій світового енергокористування з 1990 до 1998 рік (річний приріст вітрової енергії – 22 %, сонячної – 16 %). Данія вже одержує 8 % своєї електроенергії від вітру, окремі регіони Німеччини – 11%, Іспанії – 20 %. Серед країн, що розвиваються, на першому місці Індія з її 900 МВт потужності. Китай у 1998 р. запустив першу вітроелектростанцію потужністю 24 МВт у Внутрішній Монголії. Виходячи з того, що вартість виробництва електроенергії вітровими електростанціями падала з 1980 р. до 1998 р., вітрова енергетика скоро стане важливішим джерелом енергозабезпечення. У 2005 р. сумарна потужність усіх вітроелектростанцій світу перевищила 50 тис. МВт, з них у Європі – 74 %.

В Україні перспективи вітроенергетики насамперед пов'язуються з узбережжями морів, південним берегом Криму, вершинами гір, Донецькою височиною, Приазовською та Причорноморською низовинами, які характеризуються середньорічною швидкістю вітру 5,5-6,0 м/с і мають дуже високий вітроенергетичний потенціал. Є перспективи для використання їх в інших регіонах України з постійними вітрами. Встановлена

потужність вітроелектростанцій України складає 0,75-17,3 МВт (разом 58,38 МВт) (Екологічна енциклопедія, 2000).

Екологічна шкода від вітроенергетичних приладів (вітроелектростанцій) мізерна, їх використання сприяє скороченню викидів парникових газів, джерелом яких є спалювання викопного палива. Разом з тим, їх експлуатація пов'язана з шумовим забрудненням, загибеллю птахів від ударів лопастей та ін.

Засоби використання сонячної і вітрової енергії, а також еколого-економічні та соціально-правові аспекти використання альтернативних джерел енергії наведені в деяких навчальних посібниках (Багрова Л. А., 2004; Мазинів А. С., Лисовець Е. В., Яковлев Д. Р., 2004; Черваньов І. Г., Боков В. О., 2004 тощо).

*Космічна енергія.* Усі види космічних випромінювань практично невичерпні, але дуже слабо використовуються. Вельми перспективні як енергетичний ресурс в рамках природного надходження, але мало концентровані. Використовуються обмежено природним стоком енергії з біосфери.

Значна, слабо використовується, перспективна, але з обмежен-

***Енергія морських припливів і відпливів, океанічних течій – це енергія, яка виникає під дією сили тяжіння Місяця на океанічну поверхню.***

нями (перехід у теплову енергію додає тепло в тропосферу, а тому і в біосферу). Припливи і відпливи, які змінюють один одного двічі на день, створюють енергію, яка використовується поки що на двох припливно-відпливних електростанціях (Росія, Франція). При припливі вода приводить в рух лопаті турбіни, а при відпливі нахил лопастей змінюється на протилежний і генератори продовжують працювати. Вироблення електроенергії рентабельне при амплітуді коливань рівня води не менше за 6 м, а таких місць на Землі близько 15 (Небел Б., 1993).

При спорудженні таких електростанцій порушується естетична цінність ландшафту, вони затримують намули, порушують природну циркуляцію і перемішування морських і прісних вод, перешкоджають міграції деяких гідробіонтів і т. ін. Потенціал їх



незначний. Хвилі породжуються вітром. Вихід енергії у існуючих хвильових генераторів (з урахуванням витрат на будівництво і експлуатацію) дорівнює нулю або взагалі негативний. Можливості цього джерела незначні навіть на ділянках сталого хвилювання, наприклад, в прибережних частинах Англії, Ірландії і т. ін. Малопотужні експериментальні установки діють в різних країнах.

Передбачається використання енергії океанічних течій. Так, наприклад, виноситься проект створення і встановлення турбіни за течією Гольфстріму на глибинах 30-130 м, де швидкість течії становить 3,2 км/год. За рахунок різниці температур верхніх і нижніх шарів морської води також утворюється енергія.

Перспективи використання її пов'язуються з тропічними і субтропічними районами, де значні глибини океану спостерігаються поблизу берегів, а температура води знижується від 30°C на поверхні до 8-10°C на глибині 400-500 м. Сприятливі умови для створення таких станцій існують біля південно-західного побережжя Сахаліну, Кримського півострова, на Кавказькому узбережжі Чорного моря, на Каспійському морі (Апшерон) тощо.

*Геотермальна енергія.* Енергія глибин Землі. Можуть бути використані природні виходи геотермальних вод, свердловини для отримання таких вод, а також енергія нагрівання газів і рідин, що закачуються у глибини. Поки що слабо використовується. В Росії існує тільки Паужетська гідротермальна електростанція на Камчатці; більшою мірою термальні води використовуються в Ісландії, Японії, Новій Зеландії.

Є перспективною для використання, але з обмеженнями (перехід в теплову енергію додає тепло в тропосферу, а тому і в біосферу). Крім того, використання призводить до хімічного забруднення навколишнього середовища, оскільки термальні води часто містять агресивні і токсичні компоненти. Особливий практичний інтерес представляють зони аномально високих температур в надрах, куди можна закачати воду, а потім використати в теплоенергетичних цілях.

***Гравітаційна енергія та енергія тиску – потенційна і кінетична енергія повітря, води (льоду) і гірських порід (в тому числі енергія тиску і різниці тиску, сейсмічна енергія і т. ін.).***

Значна, слабо використовується, перспективна, але з обмеженнями. У 1989 р. на ГЕС світу отримано 6 % всієї енергії, а у теперішній час частка гідроенергії складає 4-5 %, однак у окремих країнах значна частина виробляється на ГЕС (Норвегія, Швейцарія, Австрія, Канада – понад 70 %). У Китаї на р. Янцзи будується ГЕС, потужність якої еквівалентна 25 великим АЕС і ТЕС.

Так, гідроенергетика небезпечна через порушення екологічного балансу водоймищ і системи «океан – води суші». Екологічно доцільне спорудження не великих і гігантських ГЕС, що порушують рівновагу річкових екосистем, а дрібних ГЕС.

*Атмосферна електрика.* Ресурси відносно обмежені. Не використовується.

*Земний магнетизм.* Має велике значення. За гіпотетичним уявленням поступово ослаблюється. Вірогідна необхідність відновлення або регуляції.

*Енергія спонтанних хімічних реакцій і природного атомного розпаду.* Перспективи використання проблематичні через неліквідність радіоактивних відходів і небезпеку концентрації діючого начала. Штучно активований атомний розпад використовується лише на АЕС.

*Біоенергія.* Ресурси значні, переексплуатуються в одних місцях і видах (ліс) і недовикористовуються в інших (органічні відходи). За рахунок спалювання біомаси в 1989 р. у світі виходило 11 % виробленої енергії. Поки що здійснюється в основному пряме спалення. Близько мільярда бідняків у країнах третього світу використовують дрова як єдине джерело енергії. Вирубка чагарниково-деревного покриву є причиною ерозії і деградації ґрунтів.

Для збереження лісових екосистем необхідне використання дров і відходів дерево-переробки повинно бути не більше 5 % в

енергетичному балансі. Навіть в США більше 5 млн. будинків опалюються повністю, а 20 млн. будинків – частково дровами, що призводить до деградації лісів і забруднення атмосферного повітря. Використання біоенергетики перспективне.

**Біоенергетика – одержання корисної енергії або палива шляхом використання біомаси.**

За рахунок перетворення біомаси можна генерувати електроенергію, теплоту, виробляти рідке, газоподібне й тверде паливо. У 2004 р. енергетичне використання біомаси становило: в США 3,2 %, Данії – 8 %, Австрії – 11 %, Швеції – 19 % і Фінляндії – 21 % загального споживання первинних енергоносіїв (в основному шляхом використання відходів деревини). В Україні цей показник був лиш 0,6 %, але перспективний енергетичний потенціал становить 122 млн. МВт·год/рік (Екологічна енциклопедія, 2006). При розкладенні органічних відходів у спеціальних установках отримують *біогаз*, який складається переважно із  $CH_4$  (45-65 %),  $CO_2$ ,  $H_2S$  та ін. Теплотворна здатність біогазу перевищує 500 ккал. Застосування біогазу сприяє утилізації органістких відходів, зменшення їх негативного впливу на стан довкілля. Гній зброджують в анаеробних ферментах, отриманий біогаз використовують для здобуття електроенергії, а збагачений біогенами (або після зброджування) гній використовується як органічне добриво. 1 Вт такої енергії обходиться приблизно у 80 центів, а на ТЕС і АЕС відповідно у 3 і 5 доларів. Якби всі молочні ферми США отримували таким шляхом екологічно нешкідливу енергію, то вони виробляли б електроенергії більше ніж на АЕС. Досвід отримання паливного спирту з цукрової тростини, з кукурудзяної рослинності мають Бразилія, США та інші країни. Спирт використовується як пальне автомобілів або змішується для цих цілей з бензином (бензоспирт). Частка такого палива поки що складає близько 0,5 % від традиційного вуглеводневого палива. При виробництві спирту використовуються рослини, що представляють продуктовий інтерес. Так, в Бразилії, кращі землі стали займати під цукрову тростину, в той час як площі посівів інших продовольчих культур скоротилися на 10-15 %, що ускладнило розв'язання продовольчої

проблеми в країні зі зростанням народонаселення. Виробництво спеціальних сільськогосподарських культур для отримання паливного спирту здатне викликати збільшення деградації ґрунтів. Крім того, виробництво паливного спирту є «брудним» (утворюється багато кіптяви і т. ін.), хоч згоряння спирту – відносно «чистий» процес (Небел Б., 1993).

**Вторинні форми енергії – термально-енергетичні, радіаційні й електромагнітні забруднення. Значні, слабо використовуються, але можуть бути утилізовані (наприклад, тепло, що відходить, горючі тверді відходи та інші).**

Особливу групу (*група Б*) складають різні види викопного палива, що відносяться до *депонованих енергетичних ресурсів*.

**Нафта.** Одні автори (Скіннер Б., 1989) вважають, що до 2015 року запаси нафти вичерпаються, інші (Реймерс М. Ф., 1994) вважають нафту перспективним енергоносієм приблизно на наступні 30-40 років. Потрібно назвати також природні продукти перетворення нафти в різних фізико-хімічних умовах (бітуми) в геологічному минулому і рідкі вуглеводні, що знаходяться в гірських породах в дисперсному стані, запаси яких перевищують запаси нафти. Залежно від методичного підходу, пов'язаного з політикою цін, з відмінністю політичних і економічних інтересів виробників і споживачів, з кон'юнктурними міркуваннями і рядом інших факторів, світові потенційні ресурси нафти і газу оцінюються по-різному, іноді розрізняючись у 3-4 рази.

**Природний газ.** Можливість використання природних газів можна розглядати як далеку перспективу. Крім того, необхідно мати на увазі не тільки вільні, але й розчинені форми природних газів, значні скупчення газогідратів і т. ін. Власні запаси природного газу в Україні складають близько 1 трлн. м<sup>3</sup> (для порівняння в Росії 53 трлн. м<sup>3</sup>, на Близькому Сході 33 трлн. м<sup>3</sup>, в Ірані 13 трлн. м<sup>3</sup>), а річне споживання складає 120 млрд. м<sup>3</sup> при власному видобуванні 24 млрд. м<sup>3</sup> (20% потреби). За рахунок шахтного метану

можна отримати в найближчі роки 3 млрд. м<sup>3</sup>. У екологічному відношенні природний газ є більш ефективним енергоносієм.

Виходячи з оцінки потенційних ресурсів (близько 6,4 млрд. тонн умовного палива) в Україні розвідано менше 40% запасів вуглеводневої сировини. Наявні резерви вуглеводневої сировини (близько 300 родовищ, експлуатується близько 200 нафтових, газових і газоконденсатних родовищ) складають 230 млн. т нафти і 1165 млрд. м<sup>3</sup> газу і згідно з розрахунками забезпечили б можливість видобутку нафти на рівні 7-8 млн. т і газу – 30-35 млрд. м<sup>3</sup> на рік (Державна програма «Нафта і газ України до 2010 року») (Данилишин Б.М. та ін., 1999). Характерним прикладом негативного впливу на екологічну ситуацію є викиди нафти, газу і пластової води, забруднення прісних поверхневих і підземних вод, загазованість атмосфери і ґрунтів та ін.

*Вугілля.* Світові запаси бурого і кам'яного вугілля, антрацитів значні, тому вони вважаються перспективними для використання на 100-300 років. Щороку в країнах світу видобувається 44,5 млрд. т вугілля. Загальні запаси вугілля в Україні оцінюються в 43,3 млрд. т, що при існуючому рівні видобутку буде достатньо на 70-100 років. Економічна ефективність використання вугілля як енергоносія звичайно низька, а екологічні наслідки вельми негативні. Потрібно зазначити, що донецьке вугілля на 40% представлене коксами, на 10 % – антрацитами, тому використання їх як палива є нераціональним.

*Горючий сланець.* Запаси горючих сланців значні, але використовуються в невеликих обсягах. Малоперспективні через значні відходи і викиди, які важко усуваються. В Україні можуть використовуватися горючі сланці Болтиського родовища і менілітові сланці Карпат.

*Торф.* Запаси торфу значні: 150 млрд. т (по вуглецю), з щорічним накопиченням 210 млн. т (по вуглецю). Використання торфу мало перспективне через високу зольність і комплекс екологічних порушень.

До штучно активованих джерел енергії відносяться *атомна і термоядерна енергія (група В)*.

*Атомна енергія.* Серед традиційних джерел енергії особливе місце посідає атомна енергетика. За даним МАГАТЕ в 26 країнах світу експлуатується понад 416 ядерних енергоблоків, що виробляють 16% усієї електроенергії. В Україні експлуатується 14 ядерних енергоблоків, які виробляють 45-54 % (2002-2003 рр.) від загального обсягу виробництва електроенергії (за цим показником Україна поступається лише Франції і Японії).

Після Чорнобильської катастрофи та аварій на інших АЕС ставлення до розвитку атомної енергетики стало неоднозначним. Наприклад, Швеція, Данія, Австрія, Німеччина та Філіппіни заявили про свій намір повністю відмовитися від АЕС. Навіть, якщо виходити з того, що імовірність аварії на АЕС надзвичайно мала, то це не виключає проблеми забруднення довкілля при видобутку уранової руди, при отриманні радіоактивної сировини, похованні радіоактивних відходів тощо. Наприклад, на березі р. Колумбія (США) розташована АЕС; радіоактивність води незначна, а концентрація радіонуклідів у рибах та птахів у десятки тисяч разів більша, ніж у воді.

Радіоактивні компоненти накопичуються в біосферних середовищах і можуть обернутися загибеллю для людської популяції. Один американський учений-атомник так образно охарактеризував атомну енергетику: «Дракон мертвий, тільки він про це не знає». Запаси атомної енергії фізично невичерпні, але екологічно вона надто небезпечна доти, доки не буде знайдений спосіб дезактивації радіоактивних відходів. Необхідно зазначити, що на всіх етапах *ядерного паливного циклу* (видобування – збагачення уранової руди – ядерне паливо – АЕС – повторна обробка з витягання урану, плутонію – поховання радіоактивних відходів) відбувається надходження радіоактивних речовин до довкілля, і є різна міра екологічного ризику. Існують не лише екологічні, але й соціально-економічні обмеження розвитку ядерної енергетики. Так, в США у 2000 р. планувалося ввести в дію 1000 атомних реакторів, але, починаючи з 1975 р., замовлення на будівництво АЕС скоротилися. Причиною цьому були соціально-економічні й екологічні причини. Зокрема, при будівництві АЕС виникають такі проблеми:

- нові стандарти з безпеки АЕС збільшують їх вартість у 5 разів;
- протест громадськості («радіофобія») призводить до затримки пуску АЕС, тому витрати зростають і це лягає на плечі споживачів енергії;
- робота АЕС пов'язана з ризиком за лічені хвилини великі прибутки перетворити на колосальні збитки;
- термін служби АЕС складає не більше 30 років через «крихкість» металевих конструкцій і т. ін., що також підвищує вартість електроенергії (витрати на будівництво повинні окупатися швидко);
- енергія, що виробляється на АЕС, не використовується транспортом, як вуглеводнева сировина, оскільки поки що мало електромобілів.

У нерозсудливому прагненні до широкого розвитку АЕС в 60-70 рр. проблеми ліквідації ядерних реакторів ігнорувалися, хоча в цій серйозній проблемі існують як екологічні, так і економічні аспекти. Для демонтажу близько 350 атомних реакторів (включаючи створення об'єктів зберігання) буде потрібно 63-270 млрд. доларів. У разі демонтажу діючої АЕС треба буде знешкодити 150 млн. куб. футів низькоактивних відходів, тобто в 70 разів більше, ніж утворюється щорічно на АЕС всього світу, а також забезпечити поховання більше ніж 100 тис. т високоактивних відходів, їх ізоляцію від людей на 10 тисяч років. Витрати на демонтаж АЕС, що закривається, зростають в середньому на 15 % щороку, подвоюються кожні 5 років. Посилювання нормативних актів збільшує вартість видалення радіоактивних відходів (Небел Б., 1993).

Атомна енергетика також призводить до негативних екологічних наслідків (радіоактивне і теплове забруднення, проблема ефективного поводження з радіоактивними відходами тощо). Атомна енергетика і атомна промисловість належать до видів діяльності, що становлять підвищену екологічну небезпеку. Однак, відмова від зазначених джерел енергії для більшості країн означала б енергетичну кризу. Багато атомних реакторів несуть потенційну небезпеку й потребують реконструкції, проте частка атомної енергетики продовжує зростати.

Що ж до *термоядерної енергії*, яку отримують в ході злиття (синтезу) більш легких ядер у більш важкі, то використання її поки вельми проблематичне. Термоядерні реакції некеровані і поки немає розробок, що дозволяють управляти ними. Крім того, немає речовин, здатних витримати температури  $3 \cdot 10^9$  °С.

Слід зазначити, що в світовому енергетичному балансі в 1989 р. на частку викопного органічного палива припадало 78 %, причому основна частина паливно-енергетичних потреб задовольнялася за рахунок вуглеводневої сировини. У зв'язку із виснаженням запасів вуглеводневої сировини потрібно здійснювати енергозбереження, підвищувати ефективність теплоізоляції, впроваджувати когенування (розміщення електрогенератора разом з джерелом енергії всередині будівлі, коли економиться 30% палива) та інші засоби. Економія і раціональне використання вуглеводневої сировини дозволить пом'якшити парниковий ефект, скоротити масштаби кислотних опадів, знизити приземний рівень озону і т. ін.

*Основною причиною забруднення довкілля є отримання енергії за рахунок горючих копалин.* Якщо у 1900 р. 90% енергетичних потреб людства забезпечувалося вугіллям і 4 % – нафтою, то на сьогодні картина істотно змінилася на користь вуглеводневої сировини. За даними Скиннер Б. (1989) на частку нафти припадає 45 %, а природного газу 21 %. Ці дані наведено за станом на 1980 р., але і в наш час картина навряд чи істотно змінилася і близько 70 % енергії продовжують отримувати за рахунок вуглеводневої сировини. Альтернативні, екологічно більш чисті джерела енергії (сонячна, вітрова, припливна, геотермальна та ін.) поки що використовуються недостатньо і навряд чи відтіснять на другий план у найближчий час вуглеводневу сировину. Й хоча використання вуглеводневої сировини та інших горючих корисних копалин нерозумно як в екологічному, так і в економічному плані, їх продовжують спалювати для задоволення дедалі зростаючих енергетичних потреб індустріалізованого суспільства. Ще Менделєєв Д. І. зазначав, що використання нафти для отримання енергії подібно до того, щоб піч розпалювати асигнаціями. При пошуках, розвідці, розробці, транспортуванні, переробці і практичному використанні горючих корисних копалин відбувається забруднення усіх природних середовищ.



Таким чином, великі надії можна покласти на такі паливні корисні копалини, як торф, буре і кам'яне вугілля, горючі сланці, бітумінозні породи, газогідрати, але їх використання у широких масштабах призведе до ще більшої деградації біосфери через забруднення природних середовищ (за виключенням газогідратів, практичне використання яких ще вельми проблематичне). Слід зазначити, що запаси вугілля на порядок вищі порівняно із запасами нафти, яка видобувається, (1 барель або 136,4 кг нафти еквівалентний 0,22 т вугілля і дозволяє одержати при спалюванні  $6 \cdot 10^9$  Дж). Одержання вуглеводневої сировини із вугілля і інших твердих каустобіолітів у значних масштабах може призвести до негативних екологічних наслідків. За даними Французької комісії з атомної енергії з 1850 р. по 1970 р. сума споживання енергоресурсів людством склала 350 млрд. т вугільного еквіваленту (на їх думку, вугілля вистачить ще на 300 років, а нафти і газу на 50 років).

Пам'ятаючи про те, що запаси основних традиційних джерел енергії не безмежні, уже застосовуються засоби до їх більш раціонального використання, впроваджуються нові малоенергоємні технології. Проводяться роботи щодо впровадження альтернативних джерел енергії:

- *геліоенергетика* (геліоконденсатори, сонячні батареї тощо);
- *біоенергетика* (виробництво біомаси, біосинтез водню, рідке біопаливо – етанол, рослинна олія та ін., сміттєспалюючі установки, «деревні таблетки» – паливо із деревних відходів);
- *вітроенергетика*;
- *альтернативна гідроенергетика* («малі» ГЕС, припливні і хвильові електростанції; станції, які використовують енергію морських течій);
- *енергетика, що використовує різницю температур* (високі градієнтні установки геотермальної енергії «мокрого» і «сухого» типу, низькотемпературна енергетика, що використовує різницю температур глибин і поверхні моря, теплові насоси і т.д.);
- *вторинна енергетика* (яка використовує скидне тепло);
- *космічна енергетика* (отримання енергії на спеціальних штучних супутниках Землі з вузько спрямованою її передачею

на наземні приймачі). Ведуться також роботи з використання відновлюваних джерел енергії та змішаних джерел енергії (атомно-водневі, сонячно-водневі та ін.).

Підсумовуючи відомості про енергетичні ресурси, необхідно зазначити, що існують різні оцінки енергетичного потенціалу Землі. При перерахунку в ТУП наша планета має потенціал: біомаси – 5,6, гідроенергетики – 2,8, геотермальної енергії – 2,8, енергії припливів і відпливів – 0,04, сонячної енергії (сонячні елементи, колектори та інші.) – 6,3 ТУП (Окружающая среда, 1993). У сумі цей потенціал більш ніж в 2 рази перевищує витрати енергії, яка в цей час витрачається у світі.

**Атмосферні газові ресурси.** *Ресурси окремих газів атмосфери.* Особливе значення мають ресурси  $O_2$  і  $CO_2$ ; співвідношення між ними за багато мільйонів років існування біосфери відповідає постійно осцилюючому стаціонарному стану. Глобально за 100 років концентрація  $O_2$  знизилася з 20,948 до 20,946 % (за іншим даними до 20,5-20,8 %). Баланс приходу і витрати  $O_2$  негативний. У містах концентрація  $O_2$  нижча за 20%. Потрібно приділяти пильну увагу зміні концентрації  $O_2$ . Глобально за 100 років концентрація  $CO_2$  зросла на 4-16% і за існуючих темпів і масштабів надходження можливе збільшення концентрації  $CO_2$  за 20 років на 50 %. Концентрація  $CO_2$  зростає на 0,3 % на рік, але нерівномірно. Вживаються заходи щодо скорочення викидів  $CO_2$ . Не менш важливі ресурси озону в межах озонового шару стратосфери. Потенційно втрачено близько 10 % озонового шару. Застосовуються заходи регулювання щодо припинення викидів хлорфторвуглеводнів та ін. Ресурси  $CH_4$  і інших малих газових домішок в атмосфері різко збільшуються через зростаючу техногенну емісію.

*Газові складові гідросфери.* У багатьох континентальних водоймищах знижена концентрація  $O_2$ . У Світовому океані розчинність  $CO_2$  може знизитися приблизно з 40 % до 20 % від викидів в атмосферу, що призведе до негативних екологічних наслідків.

*Газові складові ґрунтів.* Повітря, що знаходиться у ґрунтах, необхідно для дихання коренів рослин.

*Озоновий екран.* Проблема деградації озоносфери розглянуто вище.

*Фітонциди та інші біогенні летючі речовини.* В урбанізованих районах їх концентрації значно нижчі від біологічних норм, а місцями, в зв'язку з дезадаптацією людини, перетворюються на алергени. Для досягнення біологічних норм потрібне впровадження регуляційних заходів.

*Газові домішки мінерального неатмосферного походження (природні). Важкі і легкі іони.* В сучасних умовах спостерігається зниження кількості легких іонів і загальної іонізації повітря зі збільшенням його антропогенного забруднення, особливо в урбанізованих районах. Регуляція цих процесів потребує втручання людини.

**Іонізація – перетворення атомів і молекул на позитивно і негативно заряджені іони. Міра іонізації визначається відношенням числа іонів до числа нейтральних часток. Іонізація відбувається під впливом різних фізичних полів, рослинності і т. ін.**

Підвищені концентрації легких іонів корисні для організму людини. У лісовому повітрі міра іонізації кисню в 2-3 рази вища, ніж над морем, в 5-10 раз вища, ніж над лугом, і в 150 раз вища, ніж у повітрі житлових приміщень. Одні рослини (акація біла, дуб, ялина, сосна, ялівець та інші) володіють високою негативно іонізуючою здатністю, а інші (черемха, тютюн, евкаліпт, мімоза та інші), навпаки, знижують кількість легких іонів.

*Газові забруднення (антропогенні).* У багатьох районах, особливо в промислово-міських, вміст газових забруднень вище прийнятих норм (ГПК).

Вже в багатьох країнах світу, у т. ч. в Україні, розроблені заходи щодо регулювання цієї проблеми. Реймерс М. Ф. (1990) відносить їх до «антиресурсів», тобто до агентів, що знецінюють інші ресурси. У той же час різноманітні газові викиди можуть бути залучені до процесу виробництва як вторинна сировина

(наприклад, отримання повторного гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) при пропущенні  $\text{SO}_2$  крізь вапняковий розчин).

**Водні ресурси.** *Атмосферна волога.* Розглядаючи питання вологості атмосферного повітря можна говорити, що спостерігається тенденція до нерівномірності її балансу. Регіонально атмосферна вологість сильно підкислена (кислотні опади) – рН доходить до 2,3-1,5 % при нормі 5,6. На теперішній час необхідні різноманітні заходи щодо регуляції викидів, які можуть стати причиною випадіння кислотних дощів.

*Океанічні (морські) води.* Загальна кількість їх істотно не змінилася. Сталося деяке регіональне підкислення вод мілководь (наприклад, Азовське море), змінилася солоність, глобально зріс вміст важких металів (свинцю – до 3 разів і т. ін.). Спостерігається дисбаланс між поверхневим стоком з материків і перенесенням на них вод, що випаровуються з поверхні Світового океану. Негативний баланс оцінюється в розмірі 47-630 км<sup>3</sup>. Рівень Світового океану зростає приблизно на 1-1,6 мм за рік.

*Континентальні водоймища.* Водосховища містять близько 5000 км<sup>3</sup> вод. Озера змінюють рівень під антропогенним впливом: підйом дамбами і спуск вод (Байкал), забору вод на зрошування (Арал) і т. ін. Місцями спостерігається підкислення прісних вод внутрішніх водоймищ внаслідок випадіння кислих (кислотних) опадів. До цієї проблеми також потрібна увага і в ряді місць регуляція.

*Водотоки* (води рік, струмків, поверхневого і глибинного стоку). У ряді випадків водотоки глибоко антропогенно трансформовані і беззворотно використовуються (глобально приблизно на 5-9%, місцями до 100%), сильно забруднені. Водний стік порушений. Пильна увага і регуляція балансу ще може дати позитивні результати.

*Тимчасові малі замкнені водоймища* (калюжі, мілководні озера і т. ін.). Сильно забруднені, нерідко підкислені.

*Волога, пов'язана з живою речовиною.* Загальна кількість вологи в біомасі (як і сама біомаса) знизилася. Цей ресурс пов'язаний з кругообігом води.

*Рідкі поверхневі забруднення.* У тому числі штучно принесена вода в екосистемах, забруднення води в звичайному значенні слова «антиресурси», як і газові забруднення, місцями значні, перевищують здатність водоймищ до самоочищення. Передбачається забруднення океану вище допустимих норм. Потрібна регуляція.

*Гідрогеологічні ресурси.* Ресурси підземних вод значні, вони інтенсивно використовуються, місцями виснажені, що призводить до кризових і катастрофічних змін інженерно-геологічних умов. Місцями підземні води неприпустимо забруднені. Проблеми підтоплення спостерігаються в багатьох населених пунктах. Потрібна регуляція використання підземних вод.

*Грунтова волога (вільна і пов'язана)* місцями зменшується. На цю проблему ґрунтознавці вже давно звернули увагу, бо від оптимальної кількості ґрунтової вологи багато в чому залежить родючість землі.

*Глибинні забруднення первинного і повторного антропогенного походження,* які природно просочуються та закачані й виникли внаслідок ланцюгових хімічних реакцій. Місцями такі забруднення дуже істотні, особливо в регіонах масового застосування мінеральних добрив, зачатки токсичних відходів, великих звалищ. Можуть бути використані як ресурси і небажані як «антиресурси». До цього питання необхідно привернути увагу фахівців.

**Ресурси педосфери і літосфери.** *Ґрунти і підґрунтя* глобально сильно порушені. Еродовані до вибуття з сільсько-господарського обігу більше за половину земель. Особливо небезпечне зникнення дрібнозема. Усюди, де існує сільськогосподарська обробка ґрунту, необхідна його постійна рекультивация.

*Виходи материнських гірських порід* збільшилися за площею у зв'язку з водною ерозією поверхневих горизонтів, змивом і дефляцією ґрунтів.

*Кріогенний субстрат (льодовики та інші).* Місцями спостерігається деяке зменшення потужності гірських льодовиків (Памір, Тянь-Шань, Кавказ тощо). Потенційні ресурси великі. Існує теоретична загроза танення материкових льодів і

деградації вічної мерзлоти в зв'язку з вірогідним потеплінням клімату.

*Грунтові забруднення, в тому числі засолення, швидко збільшуються. Засолено близько 20 % всіх зрошуваних земель. Потрібна увага і регуляція.*

*Ерозія ґрунтів (усіх видів).* Глобальне антропогенне опустелювання (зниження або руйнування біологічного потенціалу землі, яке може призвести до умов пустелі) оцінюється в розмірі 6,7 % всієї суші. Причиною розвитку процесів опустелювання може бути перевантаженість пасовищ (Африка, Калмикія), розробка родовищ газу (Астрахань), вторинне засолення зрошуваних земель (Середня Азія, Калмикія). Опустелювання є однією з найбільш небезпечних глобальних екологічних проблем тому потрібна негайна регуляція процесу зростання опустелювання у різних регіонах земної кулі.

*Геоморфологічні структури* (гори, рівнини і т. ін.) практично не змінені, хоча локально такі зміни сталися: денудація гір в ході видобутку корисних копалин тощо.

*Поверхневі геоморфологічні структури* (за положенням у просторі, наприклад, ізоляція горами та ін.) практично не змінені.

*Геоморфологічні глибинні структури* (зумовлені властивостями порід, сейсмічною активністю і т. ін.) змінені локально, наприклад, внаслідок заповнення водосховищ (викликані, «наведені» землетруси до 6 балів за 12-ти бальною шкалою), відкачки підземних вод, усихання великих водоймищ (Арал) та інших причин. Потребують уваги.

*Ресурсна екологічна функція літосфери* визначає роль мінеральних, органічних і органо-мінеральних ресурсів, а також її геологічного простору для життя і діяльності біоти як біоценозу, так і людського співтовариства як соціальної структури.

*Ресурси літосфери, необхідні для життя біоти* (включаючи людину) мають бути представлені: 1) гірськими породами з біогенними елементами (C, H, O, N, Ca, S, P, Na, K, Mg, Cl і ін.); 2) *кудуритами* ( від алтайського слова «кудур», тобто солончак) –

мінеральними речовинами кудюрів, епізодично (1-2 рази на рік) вони уживаються з консументами (літофагами) з метою регуляції сольового складу організму; до них відносяться цеоліти, бентоніти, глауконіти, діатоміти – стимулятори росту багатьох живих організмів; 3) кам'яною (повареною) сіллю і підземними водами, які також є основою існування живої речовини. Важливу роль відіграють і мінеральні речовини літосфери в харчуванні рослин; наприклад, при підвищеному вмісті підземного  $CO_2$  (активні тектонічні розломи, нафтогазоносні і вугленосні площі) відзначається більш «пишна» рослинність.

*Мінеральні ресурси, необхідні для життя і діяльності людського суспільства.* Існує п'ять основних категорій мінеральних ресурсів: 1) паливно-енергетичні (нафта, конденсат, паливний газ, вугілля, бітумінозні сланці, торф, уран та ін.); 2) чорні і легуючі метали (руди *Fe, Mn, Cr, Ti, V, W* і *Mo*); 3) кольорові метали (руди *Cu, Co, Pb, Zn, Sn, Al, Sb* і *Hg*); 4) неметалічні корисні копалини (сірка, флюорит, каолін, барит, графіт, магнезит, галіт, будівельні матеріали і т. д.); 5) підземні води різного призначення. У зв'язку з обмеженням ресурсів мінеральної сировини великий інтерес представляють «техногенні родовища» (відвали розкривних порід і відпрацьованих родовищ, відходи гірничо-збагачувальних фабрик і т. д.). Щороку на земній поверхні в техногенних масивах накопичується: заліза – 350, фосфору – 7,4, міді – 5,7, свинцю – 2,8, барію – 2,5 млн. т, урану – 230, миш'яку – 190 і ртуті – 7,9 тис. т, утилізація яких дозволила б поліпшити екологічну ситуацію в багатьох регіонах.

Корисні копалини поступово виснажуються, але ресурси значні, крім ряду металів (міді, свинцю, срібла, золота тощо), запаси яких перспективні на 15-20 років. Накопичення на поверхні землі важких металів, які видобуваються з надр, має кризовий характер, що загрожує геохімічними і екологічними катастрофами. Потрібна негайна регуляція і пильна увага. Сучасне індустріальне суспільство потребує металевих і неметалевих корисних копалин, які утворюються виключно повільно, тому використовуються один раз. Це найважливіші ресурси у житті людського суспільства, про що свідчать найменування періодів розвитку людства: кам'яний, бронзовий і

залізний віки. Запаси різних металів у літосфері обмежені. Співвідношення запасів і потреби в них для деяких видів мінеральної сировини виглядають таким чином: *Au, Cd* – 1,1; *S* – 1,0; *Ba*, асбест, гіпс – 0,8; *Br, Ge* – 0,7; *Zn* – 0,6; графіт – 0,5; *Bi, Ag, F* – 0,3; слюда – 0,1. За оцінками експертів США проблема з кольоровими металами (*Cu, Pb, Zn, Sn, Al*) виникла ще наприкінці XX сторіччя. При існуючому видобуванні золота (приблизно 940 т, починаючи з 1975 р.) розвіданих запасів золота вистачить на 1950-1960 років. За різними оцінками, нафти вистачить людству ще на 25-48 років, пального газу й урану – на 35-64 роки, вугілля – на 218-330 років. Однак, слід враховувати, що вдосконалення технологій дозволить розробляти родовища з дуже низьким вмістом корисних компонентів, що у наш час чи то неприступно, чи то економічно недоцільно. Проводяться роботи з використання вторинних ресурсів, впровадження маловідходних технологій, комплексного використання мінеральної сировини (деметалізація нафти і природних вод, витягання побіжних компонентів і т. ін.), що дозволяє економити мінеральну сировину. Відкриті не відомі раніше залізисто-марганцеві конкреції на дні океанів (їх запаси становлять 1,5 трлн. т, у той час як на суші світові запаси заліза дорівнюють 141000 млн. т, а марганцю 450 млн. т), нові типи родовищ рудних корисних копалин (наприклад, стратиформні). Розробляються технології більш повного видобування широкого спектра корисних компонентів, що дозволяє доволі оптимістично оцінювати потенційні ресурси багатьох видів мінеральної сировини (заліза, марганцю, алюмінію, кобальту та ін.).

Надра на території України характеризуються наявністю багатьох унікальних складових мінерально-сировинної бази, передусім для розвитку чорної металургії (*Fe, Mn*), енергетики (вугілля) і будівельної індустрії. Але за деякими показниками мінерально-сировинна база має суттєві недоліки, які стосуються обмеженості ресурсів нафти й природного газу, відсутності кольорових і рідкісних металів, найважливіших агроруд. Володіння одними з найбільших у світі запасів залізних, марганцевих і уранових руд, калійних солей, вугілля та іншими корисними копалинами поєднується з недостатньо задовільними показни-



ками і умовами розробки родовищ. Україна продовжує займати провідне місце з інтенсивності експлуатації надр. Наприклад, у нас видобувається стільки ж залізної руди, скільки сумарно в усіх країнах Західної Європи, але при цьому вони у 5,4 рази більше виробляють чавуну, у 8,4 рази – сталі, у 6,5 рази – прокату.

### **Біологічні ресурси. Ресурси продуцентів:**

- генетико-видовий склад рослинності і хемопродуцентів (під загрозою зникнення до 10 % видів рослин, у такому випадку потрібна їх охорона);
- рослинна біомаса, в тому числі лісові ресурси (в статистиці біомаса продуцентів глобально знизилася приблизно на 7 %, за іншими даними на 20 % і більше);
- господарська продуктивність рослинного покриву (не відповідає сучасним потребам господарювання, може бути підвищена лише в обмежених масштабах, і тут необхідний перехід на агрометоди виробництва та економне використання, доцільний інтенсивний пошук заміників);
- системно-динамічні якості фітоценозів як функціональної частини екосистеми (спрощення до монокультур, що спостерігається, потенційно небезпечне. Це питання потребує пильної уваги і регуляції).

Властивості в природних системах, включаючи виробництво вільного кисню, нижче природних норм і потреб людства (місцями потрібне відновлення). Ботанічні «забруднення» можуть бути зумовлені випадковою інтродукцією, локально приносять збиток (амброзія та інше, потрібна увага).

### **Ресурси консументів:**

- генетико-видовий склад тваринного світу (під загрозою зникнення близько 1000 видів великих і невідоме число дрібних тварин. Потрібне збереження реальних і потенційних ресурсів);
- біомаса консументів (загалом стабільна, але нерідко внаслідок господарської діяльності небажані форми замінюють корисні, великих тварин замінюють дрібні. Потрібна регуляція і увага);

- повторна біологічна продуктивність (загалом нижча за бажаний для людей рівень, може бути підвищена, особливо локально);
- господарська продуктивність консументів (загалом нижча за бажаний для людей рівень, може бути підвищена, мають перспективи використання аква- і марикультури);
- системні динамічні якості консументної ланки екосистем як керуючої підсистеми в системах біосфери, недостатньо враховуються і використовуються, штучно придушуються шляхом боротьби зі «шкідниками» пестицидами);
- роль тварин як санітарів, поглиначів хімічних речовин, запилювачів і т. ін. (місцями пригнічена, що призводить до економічних збитків – зниження врожайності і т. ін.);
- консументні забруднювачі (можуть бути зумовлені випадковою інтродукцією, регіонально дуже небажані. Потрібна пильна увага).

#### *Ресурси редуцентів:*

- генетико-видовий склад редуцентів (генетичні ресурси мікро-організмів майже не змінені, але питання вивчене слабо, можливе виникнення нових форм, у тому числі небажаних і навіть небезпечних – нових захворювань, руйнівників матеріалів і т. ін. Потрібна увага);
- біомаса редуцентів (на сьогодні немає оцінок біомаси редуцентів);
- хіміко-фізична активність редуцентів з її господарською оцінкою (нижча бажаного рівня – не відбувається самоочищення середовища життя. Потрібна пильна увага);
- системно-динамічні якості підсистеми редуцентів в екосистемах (певно незмінні);
- мікробіологічні забруднення, в тому числі вірусні (посилюються, створюють пандемії, але в процесі боротьби з ними, придушуються. Потрібний повсякденний контроль і напружена боротьба, особливо за допомогою ослаблення культури, перетворення на «друзів» без звільнення екологічних ніш).

#### *Цінність природної біоти в наступному:*

- основа для сільського і лісового господарств;

- ресурси для медицини;
- пряма користь (попередження ерозії, запилення, деревина та ін.);
- можливість для відпочинку, задоволення естетичних і наукових потреб;
- комерційні можливості.

Зниження цінності біологічних ресурсів відбувається через: руйнування місця мешкання і внаслідок відчуження земель, забруднення, надмірної експлуатації, інтродукції нових видів, поєднання негативних факторів деградації середовища.

**Комплексна ресурсна група.** *Кліматичні ресурси:* природні кліматичні ресурси (існує загроза різкої зміни. Необхідна регуляція); видозмінені кліматичні ресурси (видозміни місцевого клімату мають як позитивні (зони агролісомеліорації), так і негативні (міста) сторони. Необхідна увага).

*Рекреаційні ресурси:* ресурси природного середовища – оптимуму повсякденних умов для життя людей (загалом благополучні, крім окремих місць, особливо в урбанізованих регіонах. Потрібна регуляція); ресурси відпочинку (відбувається швидке вичерпання ресурсів відпочинку. Потрібна увага); лікувальні ресурси (відбувається швидке вичерпання лікувальних ресурсів. Потрібна увага та їх охорона).

*Антропоекологічні ресурси:* природно-осередкові епідемії і трансмісивні захворювання (ведеться успішна боротьба, можливе виникнення осередків нових типів. Потрібна пильна увага); соціально-антропоекологічні ресурси (соціальне середовище ускладнюється, зростають стреси. Потрібна особлива увага); генетичні ресурси людства (напружені, місцями близькі до вичерпання і спостерігається генетичне виродження – руйнування генофонду).

*Пізнавально-інформаційні ресурси:* природно-еталонні ресурси (поступово зникають, потрібна увага, по можливості – необхідне відновлення); природно-історичні інформаційні ресурси (деградують, необхідне збереження і підтримка, по можливості – відновлення).

Всі території і об'єкти *природно-заповідного фонду* (ПЗФ) України поділяються за *категоріями* (природні заповідники, пам'ятки природи та ін.), *типами* (ботанічний, зоологічний, лісовий, гідрологічний і ін.) і *значенням* (загальнодержавне і місцеве).

- *Заповідник* – територія (акваторія), що особливо охороняється, повністю і назавжди виключена з будь-якої господарської діяльності, включаючи відвідування людьми; дозволено тільки наукову, охоронну і контрольну діяльність.
- *Заказник* – природний комплекс, призначений для збереження одних видів природних ресурсів при обмеженому використанні інших; заборонені постійно (або тимчасово) окремі види господарської діяльності.
- *Національний парк* – територія, що включає як повністю заповідні зони, так і зони, призначені для відпочинку, оздоровлення, екологічного туризму тощо.
- *Пам'ятки культури* – окремі природні об'єкти, що мають наукове, естетичне, культурне або виховне значення. Велику небезпеку представляє господарське освоєння раніше заповідних територій. Зменшення території порівняно з оптимальними розмірами призводить до зменшення кількості видів і розмірів окремих особин, а в кінцевому результаті – до повної деградації заповідних природних систем.

*Ресурси простору і часу: ресурси простору* (територіального, водного і повітряного, включаючи найближчий космос; спостерігається переущільнення населення, засмічення навіть найближчого космічного простору, до яких вже потрібна увага); *ресурси часу* (один із найдефіцитніших ресурсів, людство не встигає реагувати на зміни середовища, що створюється ним же, виникає загроза глобального дисхронозу історичного розвитку); *ресурси загального екологічного балансу* – ресурси близькі до вичерпання, і для збереження балансу необхідна особлива увага. Як справедливо відзначає Реймерс М. Ф. (1994), в цілому спостерігається ресурсна напруженість і необхідне формування системного ресурсного мислення. У цих умовах особливо важливу роль має оптимізація методів використання природних ресурсів.

Дані щодо стану і використання природних ресурсів України наведені в багатьох джерелах інформації, наприклад, в навчально-методичному посібнику Боголюбова В. М. та ін. (2009).

### **Теоретичні основи природокористування.**

Екологія і природокористування, як і інші науки, базується на діалектичних, загальнонаукових, кібернетичних, біологічних, геологічних, географічних та фізико-хімічних законах. У попередніх розділах (наприклад, див. 4.4) вже частково розглядалися деякі гіпотези, закони, правила і принципи, які є теоретичною основою сучасної екології і природокористування. Основні закони *природокористування* навряд чи можна розглядати у відриві від численних екологічних принципів і концепцій. У роботі Одума Ю. (1986) їх нараховується 66, у словнику Т. І. Дедю 58 законів, 40 правил і 36 принципів, у словниководівнику Реймерса М. Ф. (1990) 70 законів, 28 правил і 27 принципів. Загальне число різних законів, правил, принципів, аксіом складає близько 250 (Реймерс М. Ф., 1994).

Нижче дається стисла характеристика лише деяких законів, правил та принципів, які показують важливість екологічного обґрунтування оптимального використання природних ресурсів і умов. Деякі з них необхідно повторити бо вони є визначальними для обґрунтування в цьому розділі.

***Закон внутрішньої динамічної рівноваги.*** Відноситься в рівній мірі як до екосистемних законів, так і до законів природокористування, оскільки з цього закону витікають важливі для практики сліdstва, тобто він є центральним положенням у природокористуванні. Суть закону зводиться до наступного: речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих природних систем (в тому числі і екосистем) і їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-які зміни одного з цих показників викликають супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, які зберігають загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних якостей систем, де ці зміни відбуваються, або в їх ієрархії. Цей закон є одним з дороговказних в управлінні природокористування. Дія його доводиться практикою нераціонального природокористування і характером екологічних катастроф (Приаралля, Азовське море,

Кара-Богаз-Гол та інші). Із цього закону випливає декілька наслідків (Реймерс М. Ф., 1990).

1. Будь-яка зміна середовища (речовини, енергії, інформації, динамічних якостей природних систем) неминуче призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій, що йдуть у бік нейтралізації зробленої зміни або формування нових природних систем, утворення яких при значних змінах середовища може набути невідворотного характеру. Під ланцюговою реакцією в природі розуміють ланцюг природних явищ, кожне з яких спричиняє зміну інших, пов'язаних з ним явищ. Наприклад, вирубання лісу в басейні ріки, яка впадає в озеро, призводить до усихання малих річок, зниження рівня ґрунтових вод, зменшення вологості ґрунту, зниження рівня води в річці і озері, а це разом з іншими факторами веде до нестачі води в місті, загибелі риби, розвитку синьо-зелених водоростей та інших гідробіонтів, до евтрофікації водних об'єктів тощо. Будівництво дамби з метою накопичення води в річці та іригаційній мережі для нормального зволоження ґрунтів не вирішує проблеми підтримки рівня ґрунтових вод; навпаки, витрата води на випаровування в зрошувальних системах і з поверхні водосховища посилює нестачу річкового стоку в озеро, затримує твердий стік, спричиняє заболочування місцевості, а іригація – додаткове засолення ґрунтів і подальші негативні впливи іригаційних вод на водні об'єкти. Відповідно до принципів Ле Шательє-Брауна речовинно-енергетичні, інформаційні і динамічні зміни відбуваються в напрямі, що забезпечує збереження загальної їх суми, тобто її стійкість. Якщо антропогенне навантаження перевищить здатності екосистеми до саморегуляції і принцип Ле Шательє-Брауна перестане діяти, то це може привести до загибелі всієї екосистеми (наприклад, вважається, що для підриву стійкості екосистеми досить втратити 20-30% видів). При зовнішньому впливі, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в тому напрямі, при якому ефект зовнішнього впливу ослаблюється. Дія принципу Ле Шательє-Брауна в наші дні глибоко порушена. Якщо наприкінці XIX століття ще відбувалося збільшення біологічної продуктивності у відповідь на зростання концентрації  $CO_2$  в атмосфері, то з початку XX сторіччя цього не відбувається. Навпаки, біота викидає  $CO_2$ , а її біомаса авто-

матично знижується. У цих умовах відновлення принципу можливе лише за рахунок скорочення антропогенно змінених площ.

2. Взаємодія речовинно-енергетичних екологічних компонентів (енергія, гази, рідини, субстрат, організми), інформації і динамічних якостей природної системи кількісно нелінійна, тобто слабкий вплив або зміна одного з показників може викликати сильні відхилення в інших (і у всієї природної системи загалом). Наприклад, незначні відхилення у складі газів атмосфери, її забруднення  $SO_2$  і  $NO_x$  приводять до утворення кислотних опадів, а останні – до змін в екосистемах суші і водного середовища. Незначне збільшення концентрації  $CO_2$  веде до парникового ефекту.

3. Зміни у великих природних системах відносно незворотні. Проходячи їх ієрархію знизу вгору, від місця появи до екосистеми загалом, вони змінюють глобальні процеси і тим самим переводять їх на новий еволюційний рівень (згідно з законом безповоротності еволюції Л. Долло).

4. Будь-яке місцеве перетворення природи викликає в екосистемі та її найбільших підрозділах реакції, що призводять до відносної незмінності еколого-економічного потенціалу (правило «Охрімової свити»), збільшення якого можливе лише шляхом значного зростання енергетичних внесків (згідно із законом зниження енергетичної ефективності природокористування). Штучне зростання еколого-економічного потенціалу обмежене термодинамічною (тепловою) стійкістю природної системи (згідно з правилом 1 %). Як образно відзначає Реймерс М. Ф. (1990), «чим більше пустель ми перетворимо на квітучі сади, тим більше квітучих садів ми перетворимо на пустелю».

**Закони Коммонера Б.** Американський учений Б. Коммонер дав визначення чотирьом відомим законам екології: 1) все пов'язано з усім; 2) все повинно кудись подітися; 3) природа знає краще; 4) ніщо не дається задарма або за все доводиться платити. Реймерс М. Ф. вказує, що *перший* закон Коммонера Б. близький за суттю до закону внутрішньої динамічної рівноваги; *другий* – до цього ж закону і до закону розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища; *третій*

застерігає нас від самовпевненості; проблему *четвертого* розглядає закон внутрішньої динамічної рівноваги, закони константності і розвитку природної системи. Згідно з четвертим законом Коммонера ми повинні повертати природі те, що беремо від неї, інакше катастрофа неминуча.

***Закон обмеженості природних ресурсів.*** Ті ресурси, які здаються невичерпними (наприклад, потік сонячної енергії) порівняно з енергоспоживанням людства, виявляються різко обмеженими через ліміти вимог. Енергетику тропосфери, як сказано вище, не можна збурювати більш ніж на тисячні частки енергопотуку поглинання атмосферою і землею поверхнею. Згідно з законом обмеженості (вичерпності) природних ресурсів, усі природні ресурси скінченні. Оскільки Земля являє собою природно обмежене ціле, то на ній не можуть існувати нескінченні частини. Обмеженість природних ресурсів виникає або внаслідок прямої вичерпності, або внаслідок збурення середовища мешкання, яке стає непридатним для господарювання і життя людини. Обмеженість природних ресурсів, включаючи в це поняття і природні умови розвитку людства в історичному процесі, не може не впливати на продуктивні сили суспільства, а через них і на соціальні відносини.

***Закон відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу.***

Кризові ситуації виникають не тільки при дисбалансі продуктивних сил і виробничих відносин, але і при дисбалансі продуктивних сил та природно-ресурсного потенціалу. Це в результаті є зовнішньою причиною суспільного розвитку, який неодноразово зазнає екологічних випробувань. Як відзначає Реймерс М. Ф. (1994), перша антропогенна екологічна криза була кризою перепромисла великих тваринних, друга – перепромисел рослинного матеріалу, а сучасна екологічна криза – кризою редуцентів (на рівні з рисами всіх попередніх криз). Редуценти не спроможні розкласти весь спектр забруднювачів, що виробляються людством, особливо тих, які не мають природних аналогів, а тому не мають і мікроорганізмів для їх утилізації та перетворення на початкові хімічні елементи.



**Правило інтегрального ресурсу.** Конкуруючи у сфері використання конкретних природних систем галузі господарства неминуче завдають збитків одна одній, і тим сильніше, чим значніше вони змінюють екологічний компонент, що спільно експлуатується, або всю екосистему загалом (прямий висновок із закону внутрішньої динамічної рівноваги). У рамках розподілу ресурсів на *природні, трудові і матеріальні*, правило інтегрального ресурсу охоплює всі згадані групи. При цьому *трудові ресурси* виявляються залученими до інтеграції як *біологічно* (людина – одна з консументів), так і *соціально-економічно* – через ресурси підтримки екологічної рівноваги і рекреаційні ресурси, а також блок матеріальних ресурсів. У свою чергу *матеріальні ресурси* тісно пов'язані з природними і трудовими ресурсами, оскільки все, що утримується людством у вигляді матеріальних цінностей врешті-решт витягнуте з природи шляхом докладання праці. У той же час природа служить джерелом інформації, яка нерідко втрачається при нерациональному природокористування.

**Закон падіння природно-ресурсного потенціалу.** В межах однієї суспільно-економічної формації чи способу виробництва й одного типу технологій природних ресурсів стають все менш доступними і вимагають витрат праці та енергії на їх витягання, транспортування, а також відтворювання. Відповідно до закону падіння природно-ресурсного потенціалу повинен сформуватися світовий ринок природних ресурсів, або «екологічний» ринок, що в умовах глобальності впливів людства на природу не можна вважати нормальним. Існує конкурентне використання ресурсів, що торкається як усіх боків природної системи, так і їх окремих компонентів; при цьому конкуренція має переважно локально-економічний і натуральний характер. У момент наближення природно-ресурсного потенціалу до суспільно неприйнятного рівня зміниться технологія і зміниться суспільна реакція, тобто сформується нова соціально-економічна формація.

**Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища.** Будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища (рис.

6.1). Абсолютно ізольований саморозвиток неможливий – такий висновок із закону термодинаміки. Наслідки закону: 1) абсолютно безвідходне виробництво неможливе; 2) більш високо-організована біотична система є постійною загрозою для менш організованих, тому в біосфері неможливо повторне зародження життя – вона буде знищена вже існуючими організмами; 3) біосфера Землі як система розвивається за рахунок внутрішніх і космічних ресурсів.

***Закон зниження ефективності природокористування.*** Діє він у рамках закону падіння природно-ресурсного потенціалу. У процесі еволюції людства при отриманні з природної системи корисної продукції на її одиницю витрачається все більше енергії, а енергетичні витрати на життя однієї людини весь час зростають. Витрата енергії (в тис. ккал за добу) в кам'яному віці була близько 4, в аграрному суспільстві – 12, в індустріальну епоху – 70, у сучасних розвинених країнах – 230-250, тобто приблизно в 60 разів більша ніж у наших далеких предків. З початку ХХ сторіччя кількість енергії, що витрачається на одиницю сільськогосподарської продукції в розвинених країнах світу, зросла у 8-10 разів, а на одиницю промислової продукції в 10-12 разів. Загальна енергетична ефективність сільськогосподарського виробництва в промислово розвинених країнах приблизно в 30 разів нижча, ніж при примітивному землеробстві. Наприклад, у США 1 склянку молока отримують за рахунок витрати 0,5 склянки дизельного палива (вкладають 10 ккал, а отримують 1 ккал

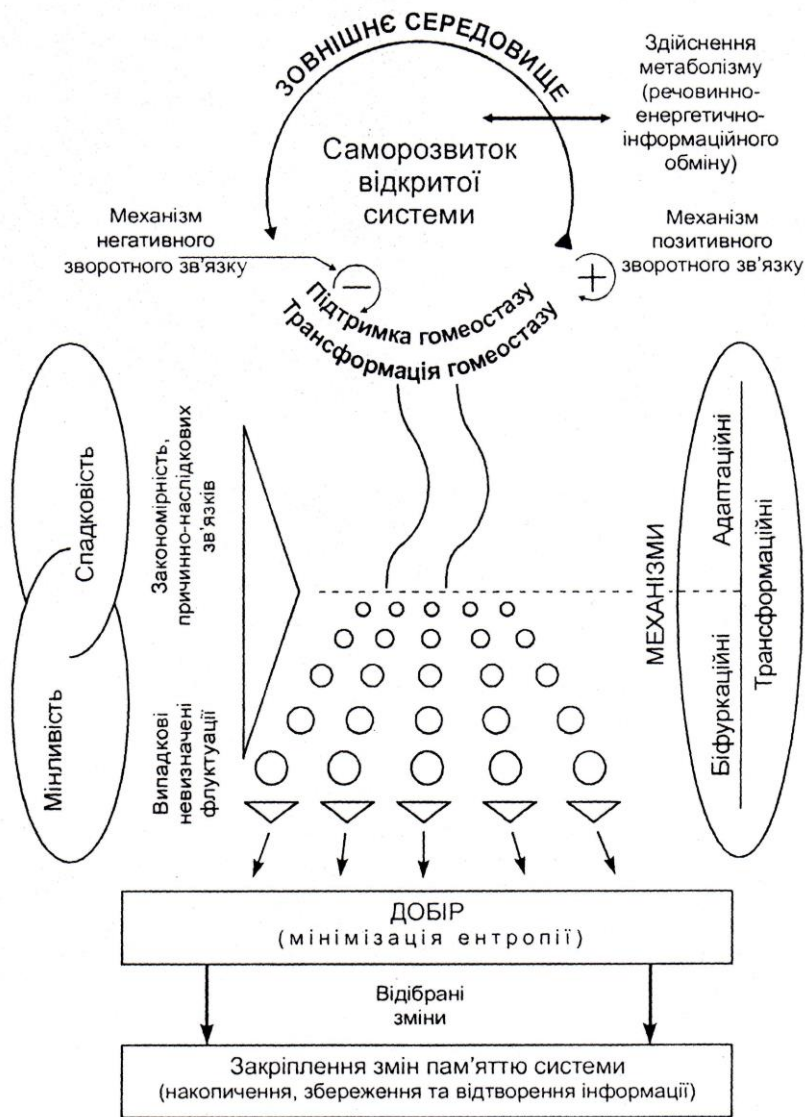


Рис. 6.1 – Саморозвиток відкритої системи

корисної продукції). Практичний висновок із закону, що розглядається: *зростання енергетичних витрат не може продовжуватися нескінченно*. Щоб запобігти можливій термодинамічній кризі, необхідні нові технології і оптимальні методи природо-користування.

**Закон оптимальності і правило міри перетворення природних систем.** Згідно із *законом оптимальності*, з найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких характерних для неї просторово-часових межах, тобто ніяка система не може звужуватись або розширюватись до нескінченності. Розмір системи повинен відповідати функціям, що виконуються нею («характерний» розмір системи). Наприклад, щоб літати, птах не може бути дуже великим; щоб народжувати живих дитинчат і годувати їх молоком, самиця ссавця не може бути ні мікроскопічною, ні гігантською; імперії, які страждають на «синдром динозавра», приречені на розпад. *Екологічна криза посилюється за рахунок спроб докорінних перетворень природних систем за допомогою технічних пристроїв*. При цьому не дотримується закон оптимальності і правило міри перетворення природних систем, яке витікає з нього, а також і обмежень, що диктуються окремими закономірностями та властивостями природних утворень. При цьому провокуються неминучі ланцюгові реакції технічного управління природними процесами.

**Закон максимальної врожайності.** При найсприятливішому поєднанні обставин на даному сільськогосподарському полі закон, що розглядається, буде складений правилами територіальної і компонентної екологічної рівноваги та законом оптимальності. Вище за рівень, що диктується цими закономірностями, урожай отримати неможливо при будь-яких хитрощах, якщо не перейти від відкритих систем господарювання до закритих типів.

**Закон сумісної дії природних чинників** (закон Мічерлиха–Тинемана–Бауле). Обсяг урожаю залежить не від окремого, хай навіть лімітуючого чинника, а від усієї сукупності екологічних чинників одночасно. Закон має силу за певних умов – коли є вплив, то монотонно і максимально виявляється кожен чинник при незмінності інших в тій сукупності, яка розглядається.

**Закон зменшення енерговіддачі в природокористуванні.** В процесі отримання від природної системи корисної продукції з часом (у історичному аспекті на її виготовлення в середньому витрачається все більше енергії) збільшуються енергетичні витрати на одну людину. Зараз за добу витрачається енергії в 60 разів більше, ніж за часів наших далеких предків, тобто декілька тисяч років тому. Це слід враховувати, плануючи свої відносини з природою з метою їх гармонізації.

**Закон максимуму.** Суть закону максимуму зводиться до наступного: в даному географічному місці за існуючих природних (а частіше за природно-антропогенних) умов, природна система може утворити біомасу і мати біологічну продуктивність не вищу за властиву – найпродуктивнішим її елементом у їх ідеальному поєднанні. Подальше стимулювання веде лише до руйнування її структур. Перенапруження будь-якої природної системи врешті-решт веде до її саморуйнування. Проводячи аналогію з посудиною, потрібно зазначити, що не можна її наповнити вище максимального об'єму.

**Правило територіальної екологічної рівноваги.** Тільки природні системи забезпечують стабільність, стійкість і надійність біосфери та її складових. У роботах Одума Ю., Одума Г. (1972) показано, що максимальний урожай (а ширше, еколого-соціально-економічний ефект), може бути отриманий при певному поєднанні площ, перетворених людиною, і природними системами. Доцільна екологічна рівновага (100% цінностей, що отримуються) виникає при співвідношенні 40% площ перетворених і 60% площ природних земель. Видимо, як мінімум, співвідношення перетворених і практично незмінених площ повинне бути 1:1. Правило територіальної екологічної рівноваги складає єдиний логічний блок із законом оптимальної компонентної доповненості (максимум біопродуктивності та врожаю лімітований оптимальним поєднанням екологічних компонентів). Будь-який допінговий вплив ефективний доти, поки є сприятливі екологічні чинники, що його доповнюють. Поза цією взаємодією подальше вкладання енергії, мінеральних добрив і т. ін. руйнують природні системи і не дають позитивних результатів.

**Закон убуваючої (природної) родючості.** Одне з трактувань закону убуваючої родючості: в зв'язку з постійним отримуванням врожаю, а тому винесенням органіки і хімічних елементів (біогенів) з ґрунту, порушенням природних процесів ґрунтоутворення, а також при тривалій монокультурі, внаслідок накопичення токсичних речовин, які виділяються рослинами (самоотруювання ґрунту), на землях, що культивуються, відбувається зниження природної родючості ґрунтів. До такого ж результату веде нераціональна агротехніка, що викликає ерозію ґрунтів, вимивання з них колоїдів і дрібнозема. Хоч деякі культури (кукурудза та інші) не виділяють токсичні для себе речовини, вони погано оберігають ґрунт від ерозії. В наш час близько 50% орних земель світу втратило родючість, а з інтенсивного сільськогосподарського обігу вибуло стільки ж земель, скільки зараз обробляється (у 80-ті роки втрачалось 7 млн. га на рік).

**Закон ґрунтовтормлення** (зменшення родючості). Поступове зниження природної родючості ґрунтів відбувається через тривале їх використання і порушення природних процесів ґрунтоутворення, а також тривале вирощування монокультур (накопичуються токсичні речовини, що виділяються рослинами, залишки пестицидів і мінеральних добрив).

**Закон зниження природоємності готової продукції.** Збільшення наукоємності та енергоємності суспільного виробництва приводить в дію два позитивних процеси, що формуються у вигляді цього закону: питомий вміст природної речовини в усередненій одиниці суспільного продукту історично неухильно знижується. Діє в землеробстві, оскільки відбувається заміна природної родючості штучною, а відкритого ґрунту закритим; площа полів зменшується, а урожай збільшується. Зростає мініатюризація виробів (ПЕОМ та інших), відбувається заміна ресурсоємних технологій ресурсозберігаючими.

**Закон збільшення темпів обороту природних ресурсів, що залучаються.** Суть закону: в історичному процесі розвитку світового господарства швидкість оборотності залучених природних ресурсів (вторинних, третинних і так далі) безперервно зростає на фоні відносного зменшення обсягів їх використання і залучення до суспільного виробництва (відносно зростання

темтів самого виробництва). Наприклад, місцями навіть питна вода вже не має природного походження, а є продуктом реутилізації. Збільшення замкненості природних циклів, яке мало місце в процесі еволюції біосистем, охоплює і антропогенну складову. Але виграш у природній речовині гаситься програшем в енергії згідно із законом зниження енергетичної ефективності природокористування. Зниження питомого споживання речовини відбувається в тих областях, де різко збільшується наукоємність.

**Закон історичної необхідності.** Розвиток біосфери і людства як цілого – процес однаправлений і походить від початкових фаз до наступних, загальний процес розвитку *однаправлений*. Повторюються лише окремі елементи соціальних відносин (рабство) або типи господарювання.

**Правило «м'якого» управління** можна назвати правилом доцільного перетворення природи. *М'яке* – опосередковане, яке спрямовує, поновлює природний баланс, а *жорстке* – технологічне. Це відновлення колишньої природної продуктивності або її підвищення на основі об'єктивних законів.

**Правило неминучості ланцюгових реакцій** – висновки із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

**Правило нелінійності внутрішніх взаємодій** – другий висновок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

**Правило незворотності порушень** – третій висновок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

**Правило постійності еколого-економічного потенціалу** – четвертий висновок із закону внутрішньої динамічної рівноваги.

**Принцип Ле Шательє–Брауна** полягає у тому, що при зовнішній дії, що виводить систему зі стану стійкої рівноваги, рівновага зміщується в тому напрямі, де ефект дії слабшає. Даний принцип в числі інших значною мірою пояснює причини дії *закону зниження енергетичної ефективності природокористування*: чим більше відхилення від стану екологічної рівноваги, тим значніші повинні бути енергетичні витрати для ослаблення протидії природних систем цьому відхиленню.

**Принцип оманливого благополуччя** підтверджує: перші успіхи (або невдачі) у природокористуванні з перетворення

природи або управління нею об'єктивно оцінюються лише після виявлення ходу і результатів природних ланцюгових реакцій (10-30 років) в межах природного циклу (молодий ліс спочатку висушує землю, а потім викликає підвищене зволоження території).

**Закони охорони природи П. Р. Ерліха:** 1) в охороні природи можливі тільки успішна оборона або відступ; наступ неможливий: вид або екосистема, одного разу знищені, не можуть бути відновлені; 2) триваюче зростання народонаселення та охорона природи принципово суперечать один одному; 3) економічна система, охоплена манією зростання, і охорона природи принципово протистоять одна одній; 4) не тільки для усіх інших живих організмів, але й для людства смертельно небезпечним є уявлення про те, що при виробленні рішень про використання Землі треба брати до уваги лише найближчі цілі і негайне благо Homo sapiens; 5) охорона природи повинна вважатися питанням добробуту і в більш віддаленій перспективі – виживання людини.

## **6.3 УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМІ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Повторимо, що *управління* – елемент, функція організованих систем різної природи (біологічних, соціальних, технічних), яке забезпечує збереження їх певної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію програми, мети діяльності. За визначенням Реймерса М. Ф. (1990), управління – це організація (або самоорганізація) зв'язків між якимисьь складовими, що призводить до намічених результатів (або саморегуляції). Засновується на необхідній інформації і спрямоване на підтримку або поліпшення функціонування керованої сукупності. Проводиться на базі природно виробленої або штучно створеної програми (послідовності дій для розв'язання задачі або послідовності подій, яка призводить до певного результату).

У природних системах існує *самоврядування*. Самоврядування в ході природокористування складно взаємодіє зі *штучним управлінням* природними системами, тому результат



може різко відрізнятися від наміченого (від програми). Частіше за все виникають протиріччя у зв'язку з різною «стратегією» природи і людини. Природні процеси спрямовані на досягнення вищої біомаси (вираженої в одиницях маси або енергії) при оптимумі різноманітності і мінімумі біологічної продуктивності (біомасі, що виробляється біоценозом за одиницю часу на одиницю площі). Людина прагне до максимальної корисної продукції (наприклад, до врожаю) при мінімумі різноманітності

**Самоврядування природних систем – природна самоорганізація взаємозв'язків всередині природної системи, яка веде до її гомеостазу (стану внутрішньої динамічної рівноваги).**

**Здатністю до самоврядування володіють усі природні системи, але здійснюється воно в різних формах (консорціонна, організменна, популяційна) і згідно з об'єктивними законами, правилами і принципами.**  
(Реймерс М. Ф., 1994)

**Екологічно доцільна рівновага – це природно-антропогенна рівновага, яка підтримується на рівні, що дає максимальний еколого-соціально-економічний ефект протягом умовно нескінченного часу. Як правило, його індикатором є здатність екосистем в ході сукцесії досягати вузлових співтовариств.**

(монокультури) і загальної біомаси. Вона прагне отримання максимуму біомаси в корисних частинах рослин і тварин або до переважання повторної біомаси (домашніх тварин). Для природної системи сорт культурних рослин або порода домашніх тварин є сукупністю аномальних, генетично дуже однорідних і біологічно погано пристосованих утворень, що підлягають знищенню в ході самоврядування природної системи. При

оптимізації природокористування необхідно враховувати цю обставину.

Суперечність між «інтересами» природних систем і людини знімаються агротехнічними й іншими методами, доглядом за окультуреними екосистемами та екологічною оптимізацією території, що зберігає завдяки цьому природно-антропогенну рівновагу певного рівня.

**Штучне управління природокористування повинно базуватися на таких принципах (Реймерс М. Ф., 1990):**

- *управління* має бути направлене на досягнення певної мети (цільова функція);
- *необхідно* знати позитивні і негативні реакції керованої сукупності на вже проведені акції управління (урахування поточних реакцій);
- *важливе* врахування об'єктивних обмежень природно-ресурсного потенціалу та еколого-економічного потенціалу (урахування обмежень);
- *доцільно* направляти всі процеси на виникнення бажаних матеріально-енергетичних зворотних зв'язків із посиленням досягнутого позитивного ефекту (наприклад, якщо число жертв-риб росте, то чисельність хижаків збільшується – позитивний зворотний зв'язок, але хижаки-риби, харчуючись рибами-жертвами, знижують їх чисельність – негативний зворотний зв'язок; при зростанні числа хижаків меншає число жертв, і хижаки, відчуваючи дефіцит їжі, також зменшують чисельність своєї популяції);
- *управління* повинно бути ієрархічно організоване, що в свою чергу вимагає, щоб дії нижнього рівня гармонійно комплектували вищі за просторово-часовою ієрархією, вищі рівні ієрархії (за значимістю у просторово-часовій розмірності) не перешкождали функціонуванню нижчих, число рівнів управління зводилося до мінімуму;
- *управління* повинне бути оптимальним (згідно з законом оптимальності та іншими закономірностями);
- *управління* доцільно організовувати на базі адекватної (цілком відповідної) управлінської форми;

- *ефективність* управління вимагає відповідності цілям, як даного заходу, так і всіх інших суспільно необхідних дій з підсумовуванням позитивних результатів у бажаних розмірах; *управлінські* рішення повинні бути своєчасними, без фізично і морально застарілих дій;
- *управління* завжди прогнозовано, враховує еколого-соціально-економічні наслідки на велику глибину у часі і засноване на багатоваріантному аналізі можливих ситуацій;
- *система* управління має бути адаптивною, тобто змінювати свою структуру і способи функціонування відповідно до набутого досвіду роботи, змінних зовнішніх умов і цілей управління.

Особливо необхідно зупинитися на *принципі адекватності*. Розрізняють «м'яку» і «жорстку» форми управління.

**«М'яка» форма управління** – в основному опосередкований, непрямий вплив на природокористування, як правило, за допомогою природних механізмів самоврядування (саморегуляції), хоча часом шляхом технічного конструювання цих механізмів.

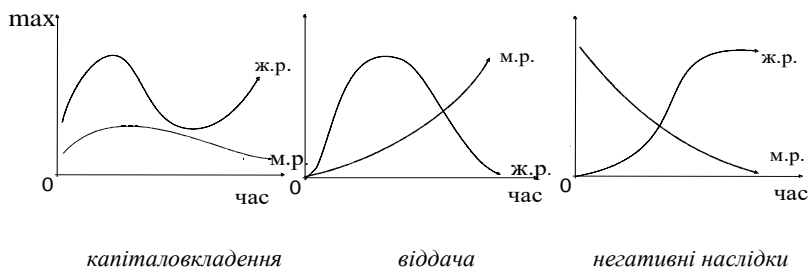
«М'яке» управління спрямоване на відновлення колишньої природної продуктивності екосистеми або підвищення її шляхом цілеспрямованої і заснованої на використанні об'єктивних законів природокористування серії заходів, що дозволяє направляти природні ланцюгові реакції в «м'яку» сприятливу для економіки і життя людей сторону. Прикладами заходів «м'якого» впливу на

**«Жорстка» форма управління** – безпосереднє, командне управління природними системами, як правило, технічний і техногенний впливи, втручання у природні процеси, їх «виправлення» шляхом корінного перетворення самих механізмів і систем природи.

природні системи є агролісомеліорація або вибіркове вирубання лісу. Так, при вибіркових рубках лісу зберігається лісова екосистема, а початкові витрати згодом поступово окупаються шляхом запобігання збиткам.

Прикладів «жорсткого» впливу на природні системи більш ніж достатньо (суцільне вирубання лісу, освоєння цілинних земель, будівництво дамб на ріках, перекидання вод із одного річкового басейну в інший, іригаційні системи та інше).

«Жорстке» управління базується на штучному перенапруженні і граничному омолодженні природних систем. У зв'язку з цим воно вимагає заходів для підтримки екологічної рівноваги, що здійснюються, головним чином, шляхом «м'якого» управління. Більш низькі початкові витрати «жорсткого» впливу на природні системи породжують ланцюг збитків, які потребують потім великих витрат на їх ліквідацію (рис. 6.2).



**Рис. 6.2** – Схема витрат, ефективність і зміна негативних наслідків з часом при «м'якому» (*м. р.*) і «жорсткому» (*ж. р.*) управлінні

Наприклад, економічно більш рентабельним вважається суцільне вирубання лісу, при якому забирається вся деревина, але при цьому втрачається саме лісове середовище, падає рівень рік, відбувається заболочування і т. ін. Відновлення лісової екосистеми (якщо це можливо) потребує величезних витрат.

Аналогічний приклад можна навести із створенням і підтримкою іригаційної мережі на цілих землях. Перехід від «м'яких» до «жорстких» форм впливу доцільний лише при одночасній заміні екстенсивних форм господарювання гранично інтенсивними і, як правило, в межах відносно коротких інтервалів часу. У довгостроковій перспективі ефективне лише «м'яке» управління природними процесами.

**Сутність концепції сталого розвитку і глобального природокористування.** Термін «*sustainable development*» – *сталий розвиток*, був запропонований в 1987 р. Міжнародною комісією ООН з навколишнього середовища і розвитку. Програма сталого розвитку була підтримана багатьма вченими, а також використана в Декларації конференції з питань навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992). Наприкінці 80-х років в науковій літературі значно поширився цей термін. Зараз є більше ніж 60 визначень «сталого розвитку», серед яких найбільш поширене визначення, наведене в доповіді «Наше майбутнє» комісії ООН.

**Сталий розвиток – це процес гармонізації продуктивних сил, забезпечення задоволення необхідних потреб усіх членів суспільства за умови збереження й поетапного відтворення цілісності навколишнього природного середовища, створення можливостей для рівноваги між його потенціалом і потребами людей усіх поколінь.**

**«Сталий розвиток – це такий розвиток, за якого задоволення потреби теперішніх поколінь не має ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби».**

Основою сталого розвитку є паритетність відносин у тріаді «людина – господарство – природа», що забезпечує перехід до

такого способу взаємодії природи і суспільства (рис. 6.3), який характеризується як *епоха ноосфери*.

Поняття сталий розвиток розглядається в політико-правовому, економічному, екологічному, соціальному, міжнародному та інформативному аспектах.

#### **Екологічний аспект припускає:**

- забезпечення коеволюції суспільства і природи, людини і біосфери;
- теоретичну розробку і практичну реалізацію методів ефективного використання природних ресурсів;
- збереження реальних можливостей не тільки для нинішнього, але і для майбутніх поколінь, задоволення своїх основних життєвих потреб;
- забезпечення екологічної безпеки ноосферного розвитку; розгортання маловідходного, а потім і безвідходного виробництва за замкненим циклом, продуманий розвиток біотехнології;
- поступовий перехід від енергетики, заснованої на спаленні органічного палива, до альтернативної енергетики, що використовує поновлювані джерела енергії (рис. 6.4);
- вдосконалення адміністративних, економічних і правових методів захисту природи (рис. 6.5);
- постійну турботу про збереження видової різноманітності біосистем;
- систематичну еколого-виховну роботу серед населення, особливо серед молоді, яка повинна привести до формування дбайливого ставлення громадян до природи як до власної домівки;
- розробку і неухильне дотримання вимог еколого-етичного кодексу (Гирусов Е. В. та ін., 1998).

Суть сталого розвитку може бути представлена двома ключовими моментами: 1) принципом справедливості для майбутніх поколінь; 2) комплексним прийняттям рішень.

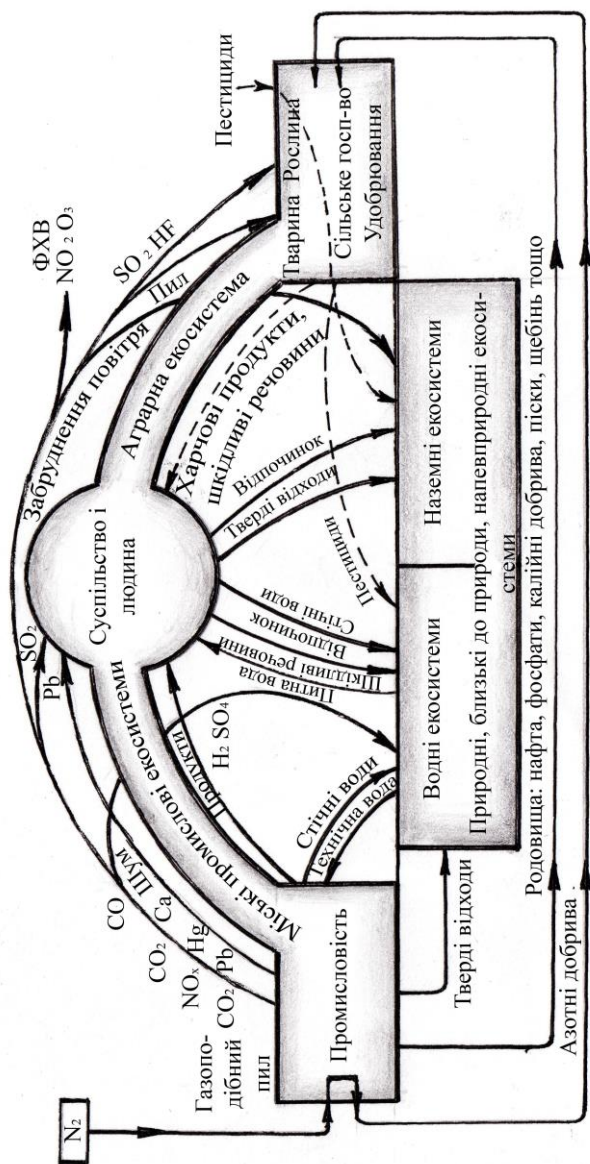
Перший момент акцентує увагу на дотриманні принципу справедливості відносно використання природних ресурсів майбутніми поколіннями. При цьому під сталим розвитком розуміють такий розвиток, який задовольняє потреби сучасного покоління без ризику для майбутніх поколінь. Ідея сталого

розвитку націлена на затвердження стандартів рівня життя в навколишньому природному середовищі без зниження його ресурсів.

Другий ключовий момент акцентує увагу на необхідності урахування екологічних обмежень при прийнятті економічних рішень.

Найважливішими **критеріями** сталого розвитку пропонують використати два показники: 1) *фізичне виживання* (не просто залишитися в живих); 2) *стабільні умови життєзабезпечення* (рівні права на цілісний стан біосфери і її природних ресурсів як поколінь нинішніх, так і майбутніх) (рис. 6.6).

**Економічний розвиток визначається трьома факторами економічного зростання: трудовими ресурсами, штучно створеними засобами виробництва (фізичним капіталом), природними ресурсами.**



**Рис. 6.3** – Система людина-наколишнє середовище у фазі індустріалізації



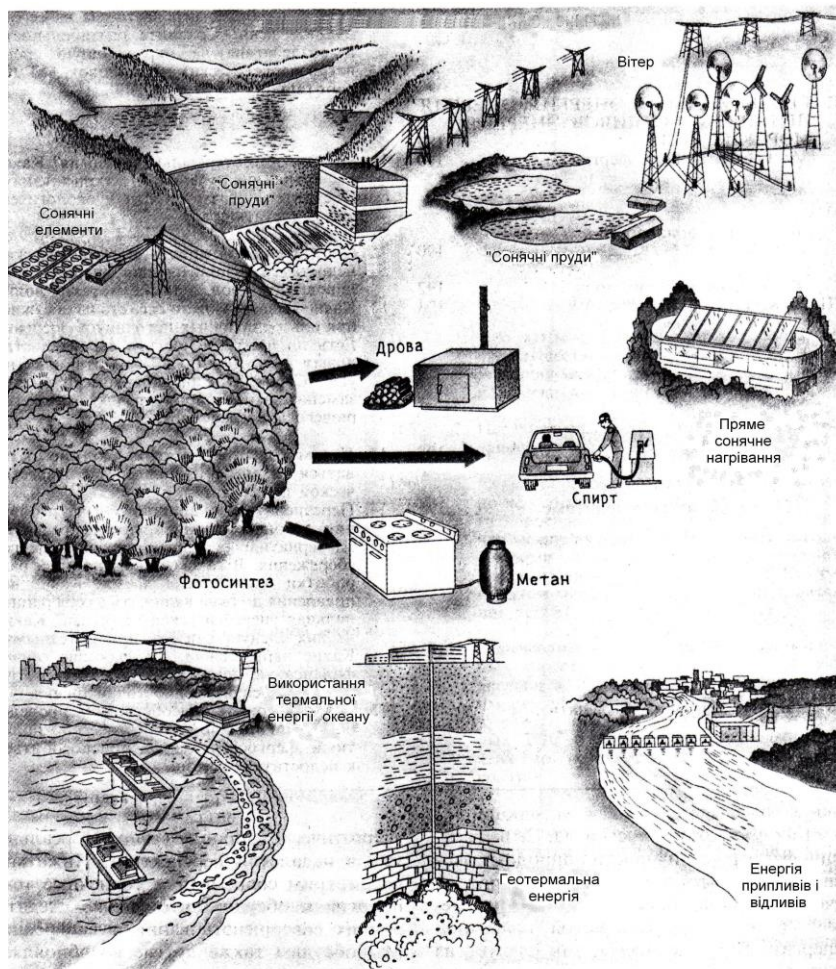
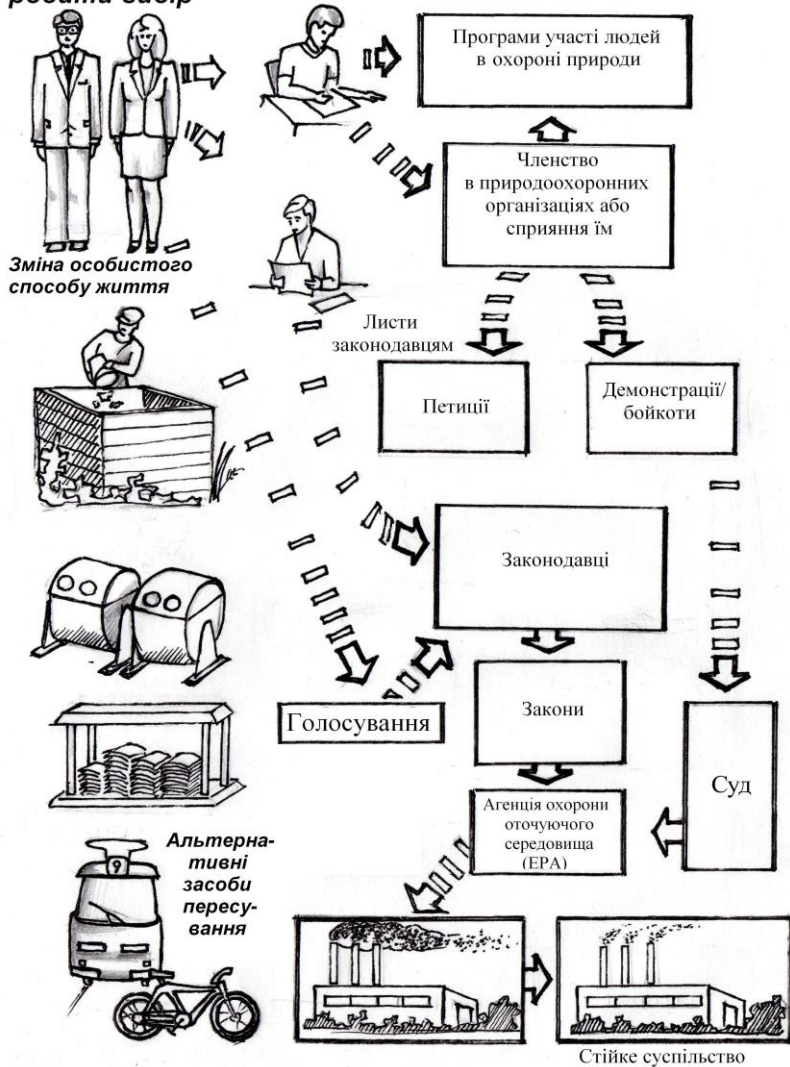


Рис. 6.4 – Види поновлюваних джерел енергії

**Люди можуть  
робити вибір**



**Рис. 6.5** – Можливості природоохоронної діяльності

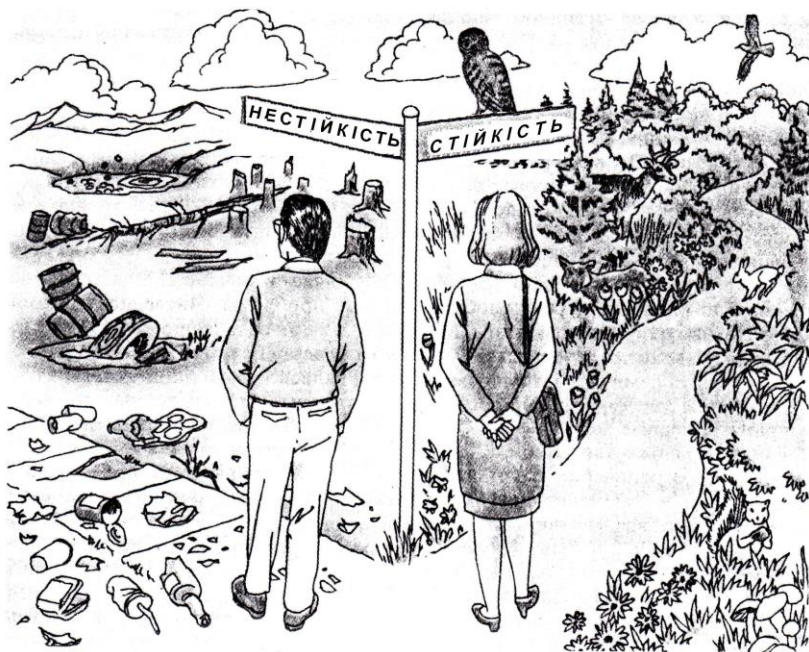


Рис. 6.6 – Охорона природи – єдиний шлях стійкого розвитку

До 70-х років XX сторіччя не вивчалися зворотні зв'язки між екологічною деградацією і економічним розвитком, станом трудових ресурсів, якістю життя населення, бо природні ресурси вважалися невичерпними, тобто існувала позиція фронтальної («ковбойської») економіки, цільова функція якої визначається словами: «Не можна чекати милостей від природи, взяти їх у неї – наша задача». Однак, наростання екологічної напруженості (економічний розвиток) стало розглядатися з урахуванням екологічних обмежень і стало формуватися уявлення про сумарний соціально-економіко-екологічний збиток при нераціональному використанні природних ресурсів.

Велике значення для екологізації світової

*свідомості* мали близько 20 доповідей Римського клубу щодо сповільнення зростання і стабілізації чисельності населення планети і, зокрема, доповідь Медоуза Д. Л. «Межі зростання» (1972 р.). Як зазначав Медоуз Д. Л., експонентне зростання продуктивних сил стає малоімовірною перспективою після 2010 р. навіть при розумних заходах щодо планування народжуваності, тому пропонувалося стабілізувати чисельність населення на рівні, який забезпечить середній прибуток на душу населення в 3 рази вищий, ніж у 1970 р. Неможливість радикальної зміни у відносинах між економікою і навколишнім природним середовищем призвела до концепції *екотопії* («зеленого екстремізму»), тобто до теорії вслякого обмеження економічного зростання (не нульового, а від'ємного зростання).

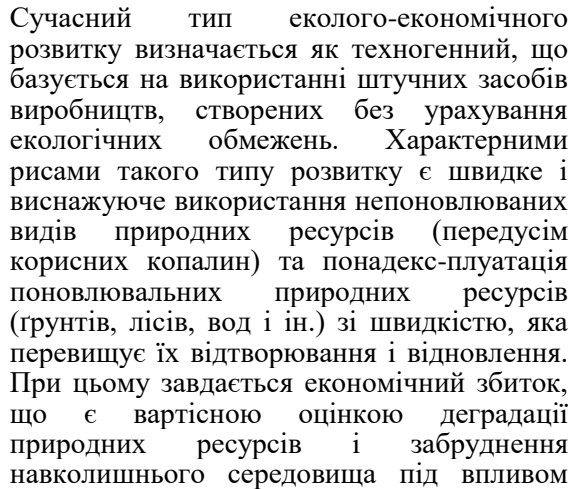
У світлі концепції сталого розвитку в сфері виробництва необхідно радикально переглянути підходи і дії за такими напрямками:

- впровадження замкнених технологічних циклів;
- скорочення обсягів викопних енергетичних ресурсів;
- підвищення якості продукції;
- більш раціональне використання транспорту.

Грунтуючись на основних ідеях і принципах, які задекларовані на конференції ООН з питань навколишнього природного середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992), Україна вважає доцільним перехід до сталого розвитку, при якому забезпечується збалансоване вирішення соціально-економічних завдань, проблем збереження сприятливого стану навколишнього природного середовища і природно-ресурсного потенціалу з метою задоволення життєвих потреб нинішнього і майбутніх поколінь.

Сталий розвиток повинен реалізовуватись у рамках ефективного функціонування ринкової системи та державного регулювання економіки, координації дій у всіх сферах життя суспільства. Це пов'язано з *активною структурною перебудовою* в сфері матеріального виробництва, основою якої є:

- побудова соціально орієнтованої ринкової економіки, яка дасть змогу забезпечити належний рівень життя населення;
- екологізація виробництва, зменшення техногенного навантаження на довкілля і матеріаломісткості, перехід на нові методи антропогенної діяльності, в основу яких покладено екологічно безпечні технології;



Сучасний тип еколого-економічного розвитку визначається як техногенний, що базується на використанні штучних засобів виробництв, створених без урахування екологічних обмежень. Характерними рисами такого типу розвитку є швидке і виснажуюче використання непоновлюваних видів природних ресурсів (передусім корисних копалин) та понадексплуатація поновлювальних природних ресурсів (ґрунтів, лісів, вод і ін.) зі швидкістю, яка перевищує їх відтворювання і відновлення. При цьому завдається економічний збиток, що є вартісною оцінкою деградації природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища під впливом

- підвищення рівня збалансованості економіки за рахунок переорієнтації виробництва, засобів виробництва на задоволення потреб населення;
- проведення екологічної експертизи та оцінки впливу на навколишнє природне середовище всіх проектів господарської діяльності.

З метою забезпечення сталого розвитку України охорона довкілля та раціональне використання природних ресурсів повинні розглядатися не як самоціль, а як невід'ємна частина процесу розвитку.

Основні напрями еколого-економічної політики держави такі (Шевчук В. Я. та ін., 2001).

*1. Прийняття превентивних заходів, складовими яких є:*

- структурна перебудова економіки та врахування вимог екологічної безпеки;
- послідовна екологізація всіх ланок суспільного виробництва, орієнтація на якісні соціально-технологічні перетворення сучасного суспільства;
- формування збалансованої ефективної структури споживання

**Основне завдання сталого розвитку України полягає у забезпеченні динамічного соціально-економічного зростання, збереженні навколишнього природного середовища і раціональному використанні природно-ресурсного потенціалу з метою задоволення потреб нинішнього і майбутніх поколінь через побудову високоефективної економічної системи, яка стимулює продуктивну працю, науково-технічний прогрес, має соціальну спрямованість.**

- в основу якої покладено принципи раціональності й безвідходності;
- встановлення обмежувальних цін на енергоносії, перехід до загальної обов'язкової системи платного природокористування: включення екологічного імперативу в структурно-інвестиційну політику, перехід до екологічно чистого виробництва;
  - інституційні перетворення з метою формування нового правового й економічного механізму взаємодії органів державної влади і органів місцевого самоврядування та природокористувачів;
  - вдосконалення законодавства у сфері охорони, використання і відтворення природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки у зв'язку зі зміною умов життєдіяльності населення і структури виробництв;
  - забезпечення умов для формування ринку екотехнологій та екопослуг; створення надійних систем моніторингу навколишнього природного середовища;
  - реалізація економічних програм державного значення,

комплексу першочергових заходів щодо реабілітації радіаційно забруднених територій;

- розвиток економічних методів регулювання природокористування і вирішення природоохоронних проблем за рахунок суб'єктів господарювання: стимулювання інвентаризації джерел забруднення, сприяння підвищенню культури виробництва і зміцненню технологічної дисципліни.

2. *Вжиття заходів до прямої дії:* забезпечення реалізації політики, формування нормативно-правової бази у сфері збереження і відтворення природних ресурсів; модернізація основних джерел викидів штучних речовин в атмосферу, підвищення рівня їх екологічної безпеки і зниження забруднення атмосфери; зменшення ресурсомісткості виробництва; перехід на наукоємні, інформаційні та біотехнологічні типи виробництва; забезпечення економії первинних ресурсів і вирішення проблем утилізації відходів виробництва через вдосконалення структури розміщення виробництва, формування виробничих комплексів замкнутого циклу; припинення деградації ґрунтів; збереження водних ресурсів та унікальних складових навколишнього природного середовища; пріоритетне водозабезпечення соціальної сфери, права людини на якісну питну воду та сприятливе водне середовище; вжиття заходів щодо оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води; забезпечення належної охорони та забезпечення лісових ресурсів і екосистем, посилення природоохоронних функцій лісів, здійснення комплексу лісогосподарських заходів щодо зниження радіоактивного забруднення лісового фонду; проведення заходів безпеки довкілля під час видобування корисних копалин; гарантування паритетності використання ресурсів для нинішнього і майбутніх поколінь; сприяння відновленню екосистем і біологічних видів, що перебувають на межі зникнення, розроблення Національної програми збереження біологічного різноманіття; забезпечення заходів безпеки щодо використання токсичних хімічних речовин, включаючи заборону на виробництво, імпорт і використання особливо небезпечних їх видів; підвищення ефективності державного контролю за дотриманням регламентів природокористування та охорони довкілля шляхом застосування екологічних і адміні-



стративних санкцій; підвищення ефективності ролі моніторингу навколишнього природного середовища.

*Основні напрями еколого-економічної політики держави* реалізуються через запровадження нового економічного механізму охорони і раціонального використання природних ресурсів, який включає: облік і соціально-економічну оцінку природно-ресурсного потенціалу та екологічного стану територій; ефективний фінансово-кредитний механізм природокористування; планування охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів; екологічне страхування та формування цільових екологічних фондів; екологічне стимулювання природоохоронної діяльності; створення екологічних банків; формування ринку екологічних робіт і послуг; платність природокористування; вдосконалення організаційно-економічних методів природокористування; врахування екологічних вимог під час приватизації.

**Основні шляхи екологізації природокористування.** Техногенний вплив на території України в 6-7 разів перевищує рівень європейських країн, тоді як ресурсоємність продукції перевищує в 2-3 рази, а енергоємність в 6-7 разів. Тому дуже важливе значення має проведення ефективної *екологічної політики* – заяви організації про свої наміри і принципи відносно її загальних екологічних характеристик, яка забезпечує основу діяльності і встановлення її екологічних цілей та завдань.

***Екологізація – це зменшення інтегрального екоде-  
структивного впливу процесів виробництва та  
споживання одиниці продукції.***

Традиційними «атрибутами» *екологізації суспільного виробництва* прийнято вважати очисні споруди, маловідходні технології, пристрої з переробки відходів і т. ін., найбільш справедливим принципом формування еколого-економічних стимулів є принцип «забруднювач сплачує», а ефективною формою його реалізації – виплати за забруднення навколишнього природного



**Екодеструктивні процеси** – процеси впливу на людину і природу, що призводять до соціальних, економічних або екологічних наслідків (забруднення, порушення ландшафтів, прямий вплив на організм людини, вплив на особистість людини, вплив на біологічні об'єкти).

**Під інтегральним екодеструктивним впливом** розуміють зведені до єдиної критеріальної бази результати негативних наслідків впливу людини і природних систем (екосистем), процесів виробництва та споживання предметів і послуг.

(Мельник Л. Г., 2002)

середовища та використання природних ресурсів і т. ін. Ресурсозберігання найбільш відповідає збалансованому природному процесу, адже нормально функціонують ті природні системи, які найбільш ефективно використовують енергію, поспішають утворити ресурси і видаляють відходи. Досягнення 100% безвідходності нереальне, оскільки суперечить другому закону термодинаміки. У тому випадку, коли в ланцюгу технологічних процесів, де відходи одного виробництва стають сировиною для іншого виробництва, технологія називається реутилізованою. Така технологія може наблизити людство до *теоретичного мінімуму глобальних антропогенних процесів*, який дорівнює відходам у біосферних циклах (біогенні вапняки, каустобіоліти). Стратегічно важливо прагнути як до мінімуму відходів, так і до реутилізаційних циклів. «Менше сировини, більше розуму» – девіз італійської школи менеджменту.

*Ресурсозберігання* є однією з основних умов збалансованого природокористування.

**Ресурсозберігання** – це виробництво і реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини і енергії на всіх етапах виробничого циклу та з найменшим впливом на природні екосистеми і людину.

Це, передусім, *енергетична ефективність* – співвідношення між енергією, що затрачується (або яка є), і кінцевим продуктом. Перетворення високоякісної енергії, що видобувається з ядерного палива, на теплову енергію в декілька тисяч градусів Цельсія і далі на високоякісну електроенергію для підтримки температури на рівні 20°C є надзвичайно марнотратним процесом. Як відзначає Міллер Т. (1993), використовувати високоякісну енергію для виробництва низькоякісного тепла «це все одно, що різати масло циркулярною пилкою або бити мух ковальським молотом». Тому основним принципом використання енергії повинна бути відповідність якості енергії поставленим задачам. Наприклад, раціонально для обігріву будівель використовувати сонячну енергію, гідрогеотермальну енергію, енергію вітру та інші, а в районах з холодним кліматом найкращий спосіб опалювання – створення будівель, максимально ізольованих від зовнішнього середовища.

За Міллером Т. (1993) виділяються дві принципово різних моделі суспільства: *суспільство одноразового споживання, що створює відходи (тип А)*, і *природозберігаюче суспільство (тип Б)*. Суспільство *типу А* характерне для найбільш промислових країн, які використовують якомога більше енергії і речовини і з великою швидкістю перетворюють високоякісну енергію на низькоякісну, речовини і відходи, що забруднюють довкілля. Основою суспільства *типу Б* є розумне (оптимальне) використання енергії і рециркуляція речовини, повторне використання невідновлюваних ресурсів, скорочення споживання і втрат енергії і ресурсів. При цьому особливо важливо ефективно використовувати енергію, не застосовуючи без особливої необхідності її високоякісні види. У суспільстві *типу*

Б, до якого необхідно прагнути, не повинен бути перевищений поріг екологічної стійкості природних систем і їх сукупності. При цьому для обмеження втрат природних ресурсів і запобігання забрудненню необхідно враховувати інформацію про вплив на довкілля при «вході» в нього.

*Довкілля виконує 3 функції:*

- забезпечення природних ресурсів;
- асиміляція відходів і забруднень;
- забезпечення людей природними послугами (рекреація, естетичне задоволення тощо).

Урахування ціни природних ресурсів дозволить більш обґрунтовано визначити економічну ефективність альтернатив розвитку. Так, думка про «дешевизну» енергії, тієї, що виробляється на ГЕС, порівняно з ТЕС і АЕС, не враховує ціну тисяч гектарів земель (наприклад, в Росії затопляється близько 5-6 млн. га). Сумарна оцінка прямих втрат нафти при різних видах аварій в Росії складає більше ніж 2 млрд. доларів, однак екологічний збиток більш значний. Як цінність твору мистецтва не визначається його розмірами, так і цінність природного середовища не визначається лише економічними параметрами. У цей час ООН і розвинені країни роблять спробу «зеленого» вимірювання (green accounting) економічних витрат з урахуванням екологічного фактора.

Як вважає Мельник Л. Г. (2002), традиційні «атрибути» екологізації (очисні споруди, маловідходні технології, пристрої з переробки відходів і т. ін.), є дуже важливими складовими механізму екологізації, однак не вичерпують його і навіть не є в ньому вирішальними ланками. На його думку, до основних компонентів механізму *екологізації економіки* можуть бути віднесені: екологізація попиту, екологізація виробництва, екологізація людей і відтворення мотивів екологізації.

***Екологізація попиту*** – це постійно відтворювані процеси формування потреб в екологічних товарах, а також створення фінансових можливостей реалізації цих потреб.

**Екологічні товари** – це вироби та послуги, що знижують інтегральний екологічний вплив у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту.

Потреби в «чистому середовищі» перетворюються на інтереси, тільки будучи усвідомлені людьми. Інтерес перетворюється в попит тільки за умови підкріплення його фінансовими можливостями.

Розвиток екологічно обумовленої виробничної основи прямо пов'язаний з розвитком екологічного попиту. Стадії екологізації виробництва можуть бути символічно названі **етапами**: (I) очисних споруд; (II) маловідходних технологій; (III) тотальної ефективності; (IV) екологізації стилю життя. Екологізація не тільки природоохоронний захід, але й вигідний напрямок отримання доходу.

**Екологізація виробництва** передбачає постійне відтворення наукових ідей, інформаційних матеріалів, технічних засобів та технологічних рішень, що сприяють розвитку екологічно обумовлених виробничних систем. Існують соціальні, економічні і технологічні передумови екологізації виробничних факторів.

**Екологізація людей** – це постійне відтворення екологічно орієнтованих знань, навичок і переконань.

**Відтворення мотивів екологізації** – це постійний процес створення організаційних, соціальних та економічних умов, які формують прагнення людей ставити і досягати цілі екологізації.

У 1991 році (вже згадувалося вище) вийшла друком російською мовою перша книга Доніелли Х. Медоуз, Денниса Л.

Медоуза, Йоргена Рандерса та Уільяма Бернса III «Межі (рос. пределы) росту», майже 20 років потому після першого її опублікування. Тоді, у 1971 році, автори дійшли висновку, що фізичні межі використання людиною матеріальних і енергетичних ресурсів будуть досягнуті через декілька десятиліть. У 1991 році, коли автори почали працювати над перевиданням «Меж росту» у зв'язку з 20-річчями книги, спочатку вирішили її просто доповнити новими матеріалами. Однак, під час збору даних, багаторазових комп'ютерних розрахунків, побудови моделей стало зрозумілим, що час і розвиток тенденцій поставили людське суспільство у нове положення відносно його меж. Було визначено, що, незважаючи на вдосконалення технологій, розширення знань та більш сувору природоохоронну політику, багато потоків ресурсів та забруднень вже вийшли за межі стійкості. Такий висновок вже тоді не викликав сумніву ні в кого. І тоді було вирішено нову книгу назвати «За межами росту» (Beyond the limits). Російською мовою вона вийшла у 1994 році.

Модель World 3, яку використовували і через 20 років, показала, що за два десятиліття деякі умови для досягнення стійкого розвитку зникли, однак, інші – з'явилися. Завдяки новим технологіям та нововведенням, що з'явилися у той період, виникли реальні можливості щодо зниження обсягів споживання ресурсів та зменшення потоків забруднень, що циркулюють у економічній системі, при одночасному підвищенні якості життя людей. З аналізу світових даних, які було отримано за останні 20 років, автори вказують, що висновки зроблені ними у книзі «Межі росту» залишаються справедливими й до кінця XX сторіччя, але їх слід посилити.

У 1995 р. вийшла праця «Фактор чотири. Витрат – удвічі менше, віддача – подвійна. Нова доповідь Римському клубу» (Вайцеккер Е. та ін., 2000). Його автори Вайцеккер Е., Ловінс Е., Ловінс Л. пропонують нові рішення екологічних проблем шляхом революційного підвищення системи життєзабезпечення людського суспільства. За часів промислової революції прогрес характеризувався збільшенням продуктивності праці. «Фактор чотири» пропонує новий підхід до прогресу, нову філософію мислення, висуваючи на перший план дій збільшення продуктивності ресурсів. Як

стверджують автори, ми можемо жити вдвічі краще, водночас витрачаючи вдвічі менше ресурсів; що необхідно для сталого розвитку людства у майбутньому. Рішення полягає у тому, щоб використовувати електроенергію, воду, паливо, матеріали, родючі землі тощо продуктивніше за мінімальних додаткових витрат і навіть з вигодою. Як переконливо доводять автори «Фактора чотири», більшість технічних рішень наших проблем уже є і треба негайно їх використати. Авторам вдалося зібрати 50 переконливих прикладів збільшення продуктивності ресурсів і тим самим довести широкі можливості ідеї *всесвітньої переорієнтації людства на продуктивність ресурсів*.

*Отримувати більше з меншими витратами.* Вражаючи перспективи прогресу «Фактор чотири» свідчить, що продуктивність ресурсів може і має бути збільшена вчетверо. Ми можемо жити вдвічі краще і водночас витрачати вдвічі менше. Це новий напрям науково-технічного прогресу (спрямування зусиль на ефективне використання накопиченого науково-технічного потенціалу). Він відповідає критеріям сталого розвитку. Країни, які здійснюють революцію в ефективності, виграють у міжнародній конкуренції.

*Моральні і матеріальні фактори.* Фактори для зміни напряму науково-технічного прогресу мають як моральний, так і матеріальний характер: збереження фізичних систем життєзабезпечення є одним з найвищих пріоритетів для людства.

*Лікування хвороби марнотратства ефективністю.* Людство надмірно споживає такі ресурси, як енергія, сировина, вода, повітря, ґрунти. Воно знищує живі екосистеми, витрачаючи в десятки разів більше ресурсів, ніж їх споживає. Дослідження, що проводилося за завданням Національної Інженерної академії США, показало, що близько 93 % матеріалів, які ми купуємо і витрачаємо, взагалі ніколи не перетворюються на продукцію, яка відповідає вимогам ринку. Більше того, 80 % товарів викидається за непотрібністю після одноразового використання. 99 % вихідних матеріалів, що використовуються у виробництві в США або такі, що містяться в цих товарах, перетворюються на відходи через шість тижнів після продажу. Зцілення від марнотратства приходить від розвиненої науки, здорової економіки і здорового глузду, воно приходить з лабораторій,

автоматизованих робочих місць і потокових ліній, створених кваліфікованими вченими і технологами, внаслідок вмілого проектування міст, винахідливості та завзятості інженерів, хіміків і фермерів та завдяки інтелекту кожної людини. Інтелектуальний потенціал людства вилікує марнотратство Підприємництва має бути освіченим. Ефективне використання ресурсів забезпечує більший комфорт у поліпшених будівлях при менших витратах енергії і грошей.

*Управління процесами екологізації* передбачає формування основних компонентів системи, якою управляють. Механізм реалізації завдань екологізації передбачає формування чотирьох взаємозалежних системних компонентів, які складають «квадрат екологізації»:

- цілі і завдання екологізації;
- об'єкти екологізації;
- суб'єкти екологізації;
- інструменти екологізації.

Найбільшого поширення в практиці природокористування набули такі процедури екологічного управління: оцінка впливу на навколишнє середовище, екологічний аудит, екологічна оцінка життєвого циклу виробів, міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту, місцеві ініціативи із забезпечення сталого розвитку.

*Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)* (детально було вже розглянуто вище, тут лише нагадуємо) як стандартна процедура стала застосовуватися екологічна ревізія (експертиза) великих господарських проектів. Звичайно ОВНС включає кілька стадій: виявлення необхідності і ступеня деталізації ОВНС; попередня оцінка впливу, визначення найбільш важливих типів для їх оцінки; дослідження впливу на навколишнє середовище; складання висновку про вплив на навколишнє середовище; рецензування фахівцями отриманих результатів, формування висновків щодо можливості реалізації чи нереалізації проекту, виявлення альтернатив розвитку (змін) проекту чи його повної заміни; моніторинг впливу і після-проектний аналіз/аудит (ревізія післяпроектної діяльності).

**Екологічний аналіз життєвого циклу продукції** – це аналітичний метод оцінки ефектів впливу на навколишнє середовище протягом усього часу існування даної продукції: з моменту її створення до знищення.

*Екологічний аудит* визначає діагноз «екологічного здоров'я» підприємства, спроможність його «технологічного організму», виробничих систем самоочищуватися і не забруднювати навколишнє середовище, виробляти екологічно чисту продукцію і бути привабливим для залучення інвестицій (Шевчук В. Я. та ін., 2000).

Система екологічних стандартів ISO 14000 орієнтована не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрації штучних речовин і т. ін.), не на технічні характеристики чи технологічні рішення, а на принцип постійного вдосконалення.

Стандарти ISO 14000 згруповані за трьома напрямками: регламентація загальних принципів, формування інструментарію,

**Міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту** – це регламентовані міжнародною організацією зі стандартизації (The International Organization for Standardization – ISO) порядок і зміст робіт і документів у сфері управління й аудиту.

**Система екологічного управління (EMS)**, згідно з ISO 14001, – частина загальної системи управління, яка включає в себе організаційну структуру, діяльність з планування, обов'язки та відповідальність, практику, процедури, процеси, ресурси для формування, впровадження, досягнення, аналізу та здійснення екологічної політики.

*управління екологічною якістю продукції*. Офіційно стандарти ISO 14000 є добровільними, вони не підміняють законодавчих вимог. Виконання умов і вимог входження в європейську систему



екологічного менеджменту та аудиту значно полегшуються, якщо організації в цілому починають запроваджувати систему українських стандартів серії ДСТУ ISO 14000-97, розроблених відповідно до міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Якщо раніше основними завданнями стандартів у природокористуванні було оберігати систему від екологічно несприятливих змін, то сьогодні завдання принципово змінюються: запобігти зміні системи від несприятливих тенденцій. Трансформація управлінських процедур природокористування (від екологічної експертизи й екоаудиту до стандартів ISO 14000) переконує нас у цьому.

## УСНИЙ КОНТРОЛЬ-КОЛОКВІУМ ДО МОДУЛЯ 6

### • *Питання для обговорення*

- Яким чином природокористування пов'язане з екологією.
- Чому при оптимізації природокористування правильніше вести мову не про використання природних ресурсів, а про використання природно-ресурсного потенціалу?
- Що мається на увазі, коли йде мова про формування системного ресурсного мислення?
- Існує конкурентне використання природних ресурсів, яке має локально-економічний і натуральний характер. Давайте обговоримо цю проблему.
- Чому країни, які здійснюють революцію в ефективності, виграють у міжнародній конференції?

### • *Відповідаємо на традиційні питання*

1. Що таке оптимізація і як її можна пов'язати з природокористуванням?
2. З'ясуйте, що таке еколого-економічний потенціал.
3. Для чого використовуються сонячні ставки?
4. Що Реймерс М. Ф. відносить до «антиресурсів»?
5. За рахунок чого посилюється екологічна криза?

### • *Обґрунтуємо проблемність питань*

6. Яким чином пов'язані низький рівень екологічної свідомості суспільства з деградацією довкілля України?
7. Чи є тільки позитивним, з точки зору екології, використання вітроенергетичних споруд, вітроелектростанцій, припливно-відпливних електростанцій?
8. Чи доцільно замінити «жорстку» форму управління природокористуванням на «м'яку» і навпаки? Наведіть приклади.
9. Обґрунтуйте, чому основним принципом використання енергії повинна бути відповідність якості енергії поставленим задачам.
10. Для чого, на Ваш погляд, створюють Міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту?

• *Дискутуємо з проблемних питань*

1. Чому сучасну екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову. Що є тому причиною?
2. Чому екологічно доцільне спорудження не гігантських, а дрібних ГЕС?
3. У якому випадку роль тварин як санітарів (біологічний ресурс) пригнічена, що призводить до економічних збитків?
4. Що, на Ваш погляд, необхідно зробити, щоб суспільство одноразового споживання стало природозберігаючим суспільством?
5. Поясніть, чи можна «жити вдвічі краще і водночас витратити вдвічі менше»?

• *Training*

1. Наведіть приклади нераціонального (неоптимального) природокористування.
2. Опишіть естетичну цінність такого природного ресурсу, як корисні копалини.
3. Наведіть приклади груп ресурсів і видів ресурсів.
4. Назвіть джерела біоенергії. Який відсоток у різних країнах становить енергетичне використання біомаси.
5. Назвіть основні ресурси педосфери і літосфери. Вкажіть заходи щодо їх оптимізації.
6. Назвіть приклади заміни ресурсоемних технологій ресурсозберігаючими.

• *Прокоментуйте вислови, цитати*

1. Прокоментуйте, з точки зору еколога, вислів з підручника: «Економіці України притаманна висока питома вага ресурсоемних та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш «дешевим способом».
2. Що означає: «екологічно люди виступають в ролі безрозсудних паразитів, які руйнують середовища життя».
3. Поясніть висновок Гофмана К. Г. (1977), що основним критерієм віднесення природного фактору до природокористування є змінюваність після використання у продуктивній діяльності людини.

4. Прокоментуйте вислів видатного еколога Реймерса М. Ф.: «чим більше пустель ми перетворимо на квітучі сади, тим більше квітучих садів ми перетворимо на пустелю».
5. Згідно з законом оптимальності розмір системи повинен відповідати функціям, що виконуються нею. Прокоментуйте цей вислів і наведіть приклади.
6. Що означає девіз італійської школи менеджменту «Менше сировини, більше розуму».

• ***Визначіться в ситуації***

1. У якій ситуації можливо констатувати ефективність охорони довкілля? Наведіть приклади.
2. Прокоментуйте ситуацію використання інтегрального ресурсу, коли якісні або кількісні зміни однієї з його складових ведуть до зміни інших ресурсів.
3. В якій ситуації вважається, що виникла обмеженість природних ресурсів.
4. Яка складеться у світі ситуація, якщо реалізувати ідею всесвітньої переорієнтації людства на продуктивність ресурсів.
5. Що відбувається у момент наближення природно-ресурсного потенціалу до суспільно неприйнятого рівня?

• ***Творчі питання***

1. Поясніть, чому проблеми природокористування повинні розглядатися за різноманітними аспектами: екологічними, економічними, технічними тощо?
2. Чому Реймерс М. Ф. називає сучасну екологічну кризу кризою редуцентів?
3. Для чого необхідно комплексне використання мінеральної речовини (наприклад, де металізація нафти і природних вод)?
4. Яким чином матеріальні ресурси (згадати правило інтегрального ресурсу) пов'язані з природними і трудовими ресурсами.
5. Чи можливо лікувати хвороби марнотратства ефективністю?

• **Визначення провідних понять**

1. У чому суть поняття «екологізація технологій».
2. Надайте визначення поняття «збалансований розвиток».
3. Поясніть, що таке природні умови з економічних позицій.
4. Що таке «антропоекологічні ресурси»?
5. Поясніть поняття «жорстка» форма управління природо-користуванням.
6. Що означає поняття «екологічний аналіз життєвого циклу продукції»?

• **Віхи історії**

1. Яка спостерігається динаміка продуктивності біомаси у зв'язку зі зростанням конкуренції CO<sub>2</sub> з кінця XIX століття до початку XX століття.
2. Коли і чому у США замовлення на будівництво АЕС скоротилося?
3. 90% енергетичних потреб людства забезпечувалося вугіллям, і 4 % – нафтою. Коли були такі світові показники?
4. Ким і коли був запропонований термін «сталий розвиток»?
5. Коли відбулась конференція ООН з питань навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро?
6. Коли і ким було видано книгу «Межі росту» та книгу «За межами росту»? Коли та за чиїм авторством вийшла нова доповідь Римському клубу «Фактор чотири»?

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**  
**Екологічний факультет**  
**Кафедра екології та неоекології**

**Загальна екологія та неоекологія**

**Тестовий контроль з модуля 6**  
**Збалансоване природокористування – безальтернативний**  
**підхід екологічно безпечного існування (екологічні основи**  
**збалансованого природокористування)**  
**(158 балів)**

Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_  
№ залікової книжки \_\_\_\_\_  
Дата контролю \_\_\_\_\_ тривалість контролю \_\_\_\_\_

**Частина 1 (41 балів)**

***Творчо-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Дайте короткі відповіді.*

1. Що є задачею природокористування як науки? \_\_\_\_\_ (8 б.)
2. У чому суть екологічних обмежень? \_\_\_\_\_ (11 б.)
3. Дайте визначення поняття «інтегральний ресурс» \_\_\_\_\_ (9 б.)
4. Перелічіть, за якими ознаками диференціюються природні ресурси \_\_\_\_\_ (5 б.)
5. Що собою уявляє комплексна ресурсна група \_\_\_\_\_ (6 б.)
6. Назвіть найважливіші критерії сталого розвитку \_\_\_\_\_ (2 б.)

**Частина 2 (24 балів)**

***Алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Вставте пропущені слова, вирази, цифри тощо.*

1. Природокористування – це використання \_\_\_\_\_ (2 сл.) в процесі \_\_\_\_\_ (1 сл.) виробництва з метою задоволення \_\_\_\_\_ (1 сл.) і \_\_\_\_\_ (1 сл.) потреб суспільства. (5 б.)
2. Гармонія передбачає таку узгодженість, яка відповідає законам \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ (3 сл.), являючи собою їх органічну \_\_\_\_\_ (1 сл.) (4 б.)

3. Для підриву стійкості екосистеми досить втрати \_\_\_\_\_ (2 цифри) видів. (2 б.)
4. Для збереження лісових екосистем необхідне використання дров і відходів деревопереборки повинно бути не більше \_\_\_\_\_ % (1 цифра) в \_\_\_\_\_ (2 сл.) (3 б.)
5. Будь яка біотична система, що використовує і видозмінює своє \_\_\_\_\_ (2 сл.), є потенційною загрозою для більш \_\_\_\_\_ (2 сл.) (4 б.)

### **Частина 3 (6 балів)**

#### ***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Визначте, чи вірно наведене твердження.*

- |   |     |    |
|---|-----|----|
| 1. Природокористування за Туницею Т. Ю. (2006) – це використання нересурсної частини екологічного потенціалу.   | ТАК | НІ |
| 2. Під регіональним еколого-економічним потенціалом розуміють антропогенне навантаження на територію, що веде до збільшення зворотного впливу природних систем, які порушують господарський розвиток. | ТАК | НІ |
| 3. Використання геотермальної енергії призводить до хімічного забруднення навколишнього середовища.   | ТАК | НІ |
| 4. Зниження питомого споживання природних ресурсів відбувається там, де різко збільшується наукоємність.  | ТАК | НІ |
| 5. Цінність природного середовища визначається тільки економічними параметрами.   | ТАК | НІ |
| 6. Потреби в «чистому середовищі» перетворюються на інтереси, тільки якщо їх усвідомлюють люди.   | ТАК | НІ |

### **Частина 4 (11 балів)**

#### ***Репродуктивно-алгоритмічний рівень пізнання***

**Умови використання завдання:** *Знайдіть відповідність показників групи А одному чи декільком показникам групи Б.*

- | Група А                              | Група Б   |
|--------------------------------------|---|
| А. Збалансоване природокористування. | 1. Раціональне використання нересурсної частини довкілля. |

- Б. Ресурси «одного врожаю»
- В. Функція довкілля.
- Г. Денудація гір.
- Д. Антираесурси.
- Е. Зниження цінності біологічних ресурсів.

- 2. Агенти, що знецінюють інші ресурси.
- 3. Руїнування місця мешкання.
- 4. Раціональне використання природних ресурсів для потреб людини.
- 5. Видобуток корисних копалин.
- 6. Вископне паливо.
- 7. Охорона природи.
- 8. Мінеральні неорганічні утворення.
- 9. Інтродукція нових видів.
- 10. Забезпечення природними ресурсами.
- 11. Асиміляція відходів і забруднень.

**Відповіді:**

А –      Б –      В – ...

**Частина 5 (26 балів)**

***Репродуктивний рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Знайдіть вірну відповідь.*

1. Принципи оптимального природокористування:
  - а) поєднання соціальних, екологічних і економічних критеріїв;
  - б) превентивна система заходів;
  - в) урахування реалій щодо наслідків ліквідації екологічно небезпечних об'єктів;
  - г) аналіз наукових рекомендацій;
  - д) економічна вигода природоохоронних заходів;
  - е) узгодженість природоохоронних заходів між регіонами.
2. Цінність природної біоти у наступному:
  - а) основне для сільського і лісового господарства;
  - б) ресурси для медицини;
  - в) попередження ерозії;
  - г) задоволення наукових потреб;
  - д) комерційні можливості.
3. Економічний розвиток визначається такими факторами економічного зростання:
  - а) трудовими ресурсами;
  - б) штучно створеними засобами виробництва;
  - в) фізичним капіталом;
  - г) природними ресурсами.
4. Зцілення від марнотратства відбувається завдяки:
  - а) розвиненій науці;



- б) лабораторії;
  - в) інтелекту кожної людини;
  - г) здоровій економіці;
  - д) здоровому глузду.
5. Управління процесами екологізація передбачає формування взаємозалежних компонентів:
- а) цілі і завдання;
  - б) об'єкти;
  - в) суб'єкти;
  - г) інструменти;
  - д) промисловість;
  - е) мораль людського суспільства.

### **Частина 6 (50 балів)**

#### ***Творчий рівень пізнання***

**Умови виконання завдання:** *Що буде, якщо...; Що треба зробити; Висловіть свою думку про викладене нижче.*

1. З'ясуйте свою точку зору щодо дії правила інтегрального ресурсу \_\_\_\_\_ (8 б.)
2. ...що буде, якщо всі країни світу перейдуть на використання атомної енергії (назвіть позитивні і негативні аспекти)? \_\_\_\_\_ (10 б.)
3. Чому накопичення на поверхні землі важких металів, що видобуваються з надр, має кризовий характер, що загрожує геохімічними і екологічними катастрофами \_\_\_\_\_ (10 б.)
4. Висловіть свою точку зору щодо закону падіння природно-ресурсного потенціалу \_\_\_\_\_ (12 б.)
5. З'ясуйте різницю між «м'якою» і «жорсткою» формами управління \_\_\_\_\_ (10 б.)

## ПІСЛЯМОВА

Надзвичайна складність у тлумаченні екології як науки викликає нагальну потребу у термінологічному упорядкуванні, ліквідування понятійної плутанини, визначеності у належності екології до певної системи наук і т. ін. Науковий аналіз ситуації, що склалася, дозволив визначити наступне:

1. Екологія, заснована Геккелем Е. (1866) і яка проіснувала з певними уточненнями і доповненнями майже 100 років, та екологія, що функціонує в теперішній час, – це принципово різні науки (екотології) з різними об'єктами, предметами, понятійно-термінологічним апаратом і т. ін.
2. Своєчасним відгуком на потребу термінологічного впорядкування було затвердження на державному рівні нової назви напрямку: замість раніше існуючої назви «Екологія» – «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Таким чином визначена, перш за все, міждисциплінарність екологічної науки.
3. Традиційна геккелівська екологія зі сторічною історією розвитку, величезним науковим екологічним багажем, повинна продовжувати існувати як біологічна наука зберігаючи за собою справедливо їй належну назву «Екологія». Сучасну екологію зі своїм об'єктом, предметом і т. ін. запропоновано назвати неоекологією.
4. У зв'язку з узагальненим геккелівським визначенням «Екології» запропоновано чітко поділити навчальний матеріал на 2 частини: а) взаємовідносини організмів з навколишнім середовищем; б) взаємовідносини організмів між собою.
5. Екологічні процеси, явища і т. ін. у навколишньому середовищі не є незмінними. За часом, внаслідок антропогенної діяльності відбуваються суттєві зміни у переліку ступенів їх небезпечності з відповідними наслідками.
6. Відокремлення традиційної екології та неоекології є вимогою сьогодення, потребою упорядкування понятійно-термінологічного апарату, ліквідації плутанини у визначенні місця, задач, об'єкту двох суттєво різних, але нерозривно зв'язаних між собою споріднених наук.

7. Понятійно-термінологічний апарат неоекології увібрав до себе значну кількість як базових для неї наук, так і далеких від неоекології, поряд з новими, раніше не існуючими.
8. Нагальні неоекологічні проблеми України здебільшого співзвучні зі світовими. Проте, певні з них більш або менш актуальні й екологічно значимі.
9. Екологічний менеджмент слід розуміти з декількох позицій і, перш за все, з економічних та екологічних. З економічних позицій екологічний менеджмент розуміють не тільки як виконання управлінських функцій усередині організації будь-якого типу, а значно ширше охоплює усю екологічну діяльність, спрямовану на гармонізацію взаємовідношень між природою і суспільством. Звідси екологічний менеджмент не може бути лише частиною екологічного управління.
10. Збалансоване природокористування є наслідком ефективного екологічного управління, результативної діяльності з боку спільної, узгодженої (злагодженої) дії усіх учасників процесу гармонійності природи і суспільства.
11. Нормативна навчальна дисципліна «Загальна екологія та неоекологія» є базовою для наукового напрямку «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», а також певним вступом до всього переліку магістрантських спеціальностей і, перш за все, нової спеціальності «Екологічний менеджмент».